©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Chemische und petrographische Untersuchungen an der Braunkohle des Hausruck in Oberdonau

Von

G. Civran, R. Gruber, E. Hofmann, Wolf Johannes Müller† (korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.), W. Siegl und W. Petrascheck (Leoben) (korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.)

(Mit 3 Textfiguren und 8 Tafeln)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Mai 1943)

Planung, Zielsetzung.

Von W. Petrascheck.

Viele Tausende von Kohlenanalysen liegen vor, Elementaranalysen und technische Analysen. Ihre Auswertung im Zusammenhang mit den geologischen Verhältnissen des Vorkommens, mit technischen oder petrographischen Eigenschaften ergab vielfache Einblicke in Wechselbeziehungen und Wandlungen bei der Entstehung der Kohlen. Es sei hingewiesen auf die Hiltsche Regel, auf die thermische Metamorphose, Beziehungen zwischen Backfähigkeit und dem O/H-Verhältnis, Beziehungen zwischen S-Gehalt und Bildungsraum, den Einfluß des Duritgehalts und vieles andere. Über den stofflichen Inhalt der Kohlen geben aber alle diese Analysen nicht mehr Auskunft als etwa eine Bauschanalyse über die Mineralzusammensetzung eines Gesteins.

Der Technik waren derartige Analysen hinlänglich, solange man die Kohlen nur als Brennstoffe verwertete, der Wissenschaft, solange man nicht wußte, in welchem Maß die verschiedenen pflanzlichen Bestandteile einerseits umwandlungsfähig sind, anderseits zur Bildung der Kohle selbst beitragen und ihre Eigenschaften beeinflussen. Vereinzelt nur sind, namentlich bei Braunkohlen, sogenannte Zerlegungsanalysen durchgeführt worden, die ermitteln sollten, in welchem Ausmaß pflanzliche Baustoffe in der Kohle noch enthalten sind oder welche Umwandlungsprodukte derselben in der Kohle vorliegen. Eine Ausnahme stellen neuere englische Steinkohlenuntersuchungen dar, weil sie namentlich den Bitumen-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bestandteilen erhöhte Aufmerksamkeit widmen und sie durch Anwendung verschiedener Lösungsmittel in unterscheidbare Bitumina zerlegen. Bei Braunkohlen haben derartige Untersuchungen Seltenheitswert. Hie und da einmal wurde der Zellulose-, Lignin-, Humussäuregehalt ermittelt, mehr um zu zeigen, daß diese Stoffe vorhanden sind. Größere Aufmerksamkeit wurde im Interesse der Technik dem Harz- und Wachsgehalt zugewendet. Verseifungszahl, Esterzahl, Säurezahl geben Anhalte für technische Qualitäten der Bitumenbestandteile. Aber erst wenn solche Untersuchungen in großer Zahl vorliegen werden, wird es möglich sein, sie geologisch auszuwerten.

Die Einförmigkeit der Braunkohlen des Altreichs ließ die Forschung zurückbleiben. Wiederholt faßten da Anschauungen Fuß, die nicht zustande gekommen wären, wenn eine größere Mannigfaltigkeit bekanntgewesen wäre. Diese Mannigfaltigkeit stellt sich bereits in der Ostmark und im Sudetengau ein und erweitert sich in den Südoststaaten.

Das alles veranlaßte mich, der Deutschen Forschungsgemeinschaft den Plan vorzulegen, chemische und petrographische Untersuchungen an ostmärkischen und sudetendeutschen Braunkohlen durchzuführen, um zu erkennen, welche Beziehungen zwischen dem Gehalt an verschiedenen chemischen Verbindungen und Komplexen und dem, was das Auge unter dem Mikroskop unterscheiden kann, bestehen und wie sich beides schließlich zu den geologischen Verhältnissen des Vorkommens stellt. Die Untersuchung sollte auf breiter Basis durchgeführt werden. Es war nicht das Ziel, wirtschaftlich verwertbare Ergebnisse zu suchen. Es war aber zu erwarten, daß sich solche von selbst ergeben. Ich bin der Deutschen Forschungsgemeinschaft sehr zu Dank verbunden, daß sie mir trotz der Kriegszeit die Mittel zur Durchführung zur Verfügung stellte, welche Mittel bisher eigentlich nur für den chemischen Teil der Untersuchungen aufgewendet wurden.

Wegen der chemischen Mitarbeit wandte ich mich an Herrn Prof. Dr. Wolf Johannes Müller, Wien, weil er sich mir gegenüber schon vor Jahren erbötig gemacht hatte, mit dem ihm unterstehenden Institut für Brennstoffe an der Technischen Hochschule Wien mir behilflich zu sein, wo meine eigenen Möglichkeiten nicht ausreichen sollten. Es entstand allmählich eine wirkliche Gemeinschaftsarbeit aller oben genannten Autoren, auch dann, wenn im folgenden mitunter der eine oder andere Berichterstatter zu Worte kommt. Ein unerbittliches Schicksal entriß uns W. J. Müller mitten in der Arbeit und noch ehe es möglich war, die Ergebnisse

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der abgeschlossenen ersten Untersuchungen mit ihm durchzusprechen.[1]

Der Krieg wirkte sich allmählich hemmend auch bei dieser Arbeit aus. Die chemischen Untersuchungen konnten nicht Schritt halten mit jenen unter dem Mikroskop, alles dauerte viel länger. Ich kann nicht bald erwarten, einen Überblick über Eigenschaften verschiedenartiger Braunkohlen zu geben. Darum übermittle ich zunächst die Untersuchung der Hausruckkohle. Andere sollen nach und nach folgen. Vielleicht erkennt die Industrie die Bedeutung solcher Untersuchungen und entschließt sich dazu, von sich aus gleichartige Analysen zu veranlassen. Dann würde es eher möglich sein, weiterreichende Schlußfolgerungen zu ziehen.

[1] Herr Siegl schrieb seine Mitteilungen zum Teil im Felde.

Das Kohlenflöz.

Von W. Petrascheck.

Die flözführenden Pliozänablagerungen des Hausruckgebirges im oberösterreichischen Alpenvorlande bilden einen fast söhlig liegenden Erosionsüberrest, an dessen Basis ein in zwei oder drei Bänke aufgespaltetes Kohlenflöz mit insgesamt etwa 5 *m* Kohle liegt. Näheres darüber findet man bei W. Petrascheck 1928. Die aus lockerem Schotter bestehenden Deckgebirgsschichten erreichen 200 *m*. Daß die Kohle aber einst 300 *m* tief lag oder mehr, kann man aus den von Götzinger geschilderten Verhältnissen westlicher Nachbargebiete schließen.

So wie in der Gegenwart, so muß die Kohle auch in der Vorzeit immer einer Abkühlung durch kaltes Grundwasser ausgesetzt gewesen sein. Das ist wichtig, denn sie zeigt (vgl. unten bei Siegl) am Harz in den Holztracheiden dieselben Schmelzerscheinungen und an Pollen dieselben Schädigungen, die Jurasky kürzlich als Beweise für Veredelung sudetendeutscher Braunkohle durch Erdwärme anführt. Sonach dürfen die angeführten Merkmale nicht als Kennzeichen für den Einfluß erhöhter Temperatur gelten.

Die Kohle zeigt keinerlei Klüftung. Es sei hier ausdrücklich nochmals betont, daß die Klüftung in annähernd rechtem Winkel ein Merkmal für dynamische Metamorphose der Kohle ist, denn je dichtschariger die Klüftung, um so edler die Kohle. Ich komme an anderem Orte auf diese Erscheinungen nochmals zu sprechen. Auch ihre Beachtung hätten gelegentliche Irrungen in der deutschen Braunkohlenliteratur vermeiden lassen. Wir haben also in der Hausruckkohle eine Kohle, die nur durch statischen Druck veredelt ist.

Die Hausruckkohle ist eine stückige Weichbraunkohle. Seinerzeit war die Bezeichnung schiefrige Weichbraunkohle, weil die Kohle einen schiefrigen Bruch, etwa so wie ein Schieferton, aufweist, gewählt worden. Für Bergleute ist die Bezeichnung schiefrig bei Kohlen irreführend, denn allgemein versteht man unter schiefrigen Kohlen solche Kohlen, die mit Schiefer durchwachsen sind. Darum verwende ich für diese Art von Kohlen besser die Bezeichnung stückige Weichbraunkohle, als Gegensatz zur erdigen Weichbraunkohle.

Seit alters her unterscheidet der österreichische Bergmann in solchen Kohlen als Gefügebestandteile Holz, d. i. Lignit oder zweckmäßiger Xylit, Moorkohle, d. i. der Attritus von Thiessen, der Durit der Hartbraunkohlen und Steinkohlen und schließlich Brandlägen, d. i. der Fusit.

Im folgenden sollen die Bezeichnungen Xylit, Moorkohle und Fusit angewendet werden.

Im Hausruck nennt der Bergmann den Xylit „Brettelkohle" und charakterisiert damit in trefflicher Weise die Art seines Auftretens, denn die Baumstämme sind in der Regel zu flachen Brettern zusammengequetscht. Die Art der Deformation ist im folgenden durch Siegl genauer geschildert: Das dünnwandige Frühholz und zum Teil auch die gleichfalls dünnwandigen Markstrahlen werden bald zerstört und liefern dann die Gleitbahnen, an denen unter Druck von oben der runde Baumstamm auf Kosten des Vertikaldurchmessers in die Breite geht. In der Schichtung wird die Rundung des Stammes flachgedrückt, quer dazu mannigfach und vielfach zusammengestaucht. Das sind Dinge, die man in allen Kohlenflözen sehen kann, auch wenn aus dem Xylit hochglänzender Vitrit geworden ist. Bei der Kohle von Reichenburg (Südsteiermark) ist das besonders auffällig, weil da die Stämme von einer weißen Kalkkruste überzogen sind, die die Stauchungen in dem schwarzen Glanzkohlenflöz auffällig hervorhebt. Seit den Untersuchungen von Iwasaki sind diese Deformationen des Holzes in der Kohle bekannt. Hier sei nur auf Grund der Hausruckkohle betont, daß diese Art von Deformation des Holzes kein Beweis für tektonische Druckbeeinflussung ist.

Das Mengenverhältnis von Xylit zur Moorkohle ist örtlich in manchen Bänken verschieden. Ich notierte im Revier Bergern und Schmitzberg $\frac{1}{2}\,m$ und $1\,m$ dicke Bänke, die schätzungsweise 20% Xylit zeigten. Sonst aber scheint mir der große Durchschnitt ein Xylitgehalt von etwa 10% zu sein. Siegls unten beschriebene genaue Vermessung einer $2 \cdot 30\,m$ dicken Flözbank von Schmitzberg ergab ausschließlich der mit bloßem Auge nicht erkennbaren Xylitstreifen $20 \cdot 2\%$ Xylit.

Scheinbar keine Stubben.

Aller Xylit liegt in der Schichtung. Die Bretter deuten die Schichtung in vortrefflicher Weise an. Übrigens fielen mir nie viele Meter lange Bretter auf. Stubbenhorizonte, wie sie in so vielen Erdbraunkohlenflözen auftreten, wie sie aber auch in der stückigen Weichbraunkohle des Köflacher Revieres selbst in dem dortigen Pibersteiner Flöze erkennbar sind, sind im Hausruck nirgends bemerkbar.

Der Bergmann des Hausruck unterscheidet aber von der Bretterkohle einen Xylit als Quell oder Gewöll. E. Hofmann (1927) hat verschiedene derartige Hölzer untersucht. Es ist immer stark zusammengestauchtes Holz. In einer Schichtfläche waren in größeren und kleineren Abständen wiederholt solche Quell-

klumpen bemerkbar. Die Längsachse der Holzfasern stand schräg oder quer zur Schichtung. Das können von oben her bis zur Unkenntlichkeit zusammengestauchte Stubben sein.

Dafür spricht auch, daß die Jahresringe dieses Quells breiter sind, d. h. aus mehr Zellreihen bestehen als sonst, was bei jungen Stämmen[1] und an der Basis der Fall ist. In gleichem Sinne kann auch das auffällig geringe spezifische Gewicht dieser Holzart (vgl. unten bei Siegl) gedeutet werden.

Erfolgt eine derartige Deformation der Stubben, dann ist es begreiflich, warum man in Matt- und Glanzbraunkohlenflözen ebenso wie in Steinkohlenflözen keine Stubben sieht. Diese alle zeigen solche nur im Dach der Kohle oder verkieselt in der Kohle, wenn sie bis ins Nebengestein hineinreichen.

Runde Stämme.

Sehr sporadisch sieht man zwischen den zu Brettern von höchstens 10 *cm* Dicke zusammengedrückten Stämmen auch runde Baumstämme. Immer sind es nur einzelne Stämme, die ohne jede Regel da und dort einmal auftreten. Kein Zusammenhang mit bestimmten Schichten ist bemerkbar. Die unten mitgeteilten Untersuchungen von Frau E. Hofmann haben ergeben, daß keine andere Holzart vorliegt. Die Untersuchungen Siegls haben gezeigt, daß diese runden Stämme viel weniger Zellulose als die Bretter enthalten.

Wie namentlich von Jurasky angegeben wurde, ist die Zellulose in der Braunkohle leicht an ihrer Doppelbrechung zu erkennen. Der Zellulosegehalt des Xylits ist sehr verschieden. Oft ist die Zellulose fleckweise zerstört. Mitunter fehlt sie nur im Frühholz, ist im Spätholz aber vollständig erhalten. Was das polarisierte Licht zeigt, wurde durch Färbung mit Chlorzinkjod bestätigt. Übrigens habe ich auch den Xylit auch auf Lignin mit Phloroglucin geprüft, meist jedoch wegen der Braunfärbung ohne Erfolg. Schon Potonié betonte, daß diese Reaktion bei manchen Xyliten versagt. Bleichung mit Eau de Jawelle nutzte nichts, weil damit auch das Lignin zerstört wurde.

Das Problem der runden Stämme zwischen den breitgedrückten ist aber durch unsere Untersuchungen noch nicht gelöst, denn es ist schwer einzusehen, warum gerade Stämme, aus denen die Zellulose heraus ist, rund bleiben, jene, die aber das Zellulose-

[1] Der im Museum of Natural History in New York aufgestellte Querschnitt eines mehrtausendjährigen Mammutbaumes zeigt im Inneren zentimeterbreite Jahresringe, im Alter kaum ein Drittel davon.

gerüst noch haben, nicht. Ich werde an anderem Orte in einer in Vorbereitung befindlichen Arbeit über die Metamorphose der Kohlen zeigen, daß gerade das Verschwinden der Zellulose die Kohle plastisch macht.

Im folgenden zeigt Siegl auch an Bildern, daß beim Xylit Zellen ohne Inhalt zusammengedrückt sind, solche mit Inhalt nicht. E. Hofmann bildet aus der Moorkohle einen Blattquerschnitt ab, dessen dünnwandige Zellen nicht komprimiert sind, was um so verwunderlicher ist, wenn man an die plattgedrückten Baumstämme im gleichen Flöz denkt. Natürlich kann es geschonte Objekte geben, aber der Fall ist nicht selten. Daß der Zellinhalt die Kompression an sich schon verhindere, ist nicht ganz einleuchtend. Möglich ist aber, daß osmotische Drucke eine Rolle spielen, daß Zellen und Tracheiden, die nur Wasser oder Luft enthalten, in dem sauren Medium kollabieren, während jene Zellen, deren Inhalt ebenfalls zunächst zu einem Humat oder freier Humussäure zersetzt wird, ihren Turgor beibehalten.

Schwarzstreifige Kohle.

Im untersten Teile des Flözes sieht man oft dünne (2 *mm* bis 1 *cm*) schwarze Streifen, die im Gegensatz zu der ganz matten Kohle einen leichten Glanz, etwa Seidenglanz zeigen. Trocknet diese Kohle aus, wird ihr Bruch deutlich glänzend und muschelig. Schon der Augenschein lehrt, daß es Holz ist. Unterm Mikroskop unterscheidet es sich nicht nennenswert vom übrigen Xylit, bis auf die dunklere Farbe und wiederum das völlige Fehlen der Zellulose. R. Potonié hat solche Xylite als „Metalignite", wofür er heute wohl Metaxylite sagen würde, benannt. Sie sind in Weichbraunkohlen nicht selten anzutreffen. Gerade im oberösterreichischen Pliozän sind sie von Mattighofen und von Wildshut besonders angeführt worden (W. Petrascheck, R. Götzinger 1924).

Daß diese Metaxylite stärker inkohlt sind, zeigt eine Immediatanalyse[1] und ihre Umrechnung auf Reinkohle verglichen mit jener des normalen Xylits im gleichen Flöz:

	Rohkohle					Reinkohle	
	grobe Feuchtigkeit	Wasser 110°	Asche	Flüchtiges	Reinkoks	Flüchtiges	Fixer Kohlenstoff
schwarze Xylite	21·47 %	12·65	2·15	38·83	24·90	60·1 %	39·9 %
normaler Xylit	31·61 %	6·67	1·54	40·16	32·36	68·64 %	31·36 %

[1] Eine andere gibt Siegl auf S. 21.

Es ist kein Zufall, daß diese Metaxylite hier, wie auch in anderen Kohlenvorkommen gerade im unteren Teile des Flözes angereichert sind oder überhaupt nur darin auftreten. Ich habe mich mit den sehr seltenen Fällen von zweierlei Kohle in einem Flöz beschäftigt und dies durch verschiedenen Grad der Vertorfung zu erklären versucht. Ich weiß auch im vorliegenden Fall keine andere Erklärung, als daß in den untersten Lagen des Hausruckflözes die Vertorfung weiter vorgeschritten war, als in der Kohle darüber. Ob dann aber gerade die Bezeichnung Meta... am Platze ist, wo die Vertorfung eher neben die Diagenese gestellt werden kann, sei dahingestellt.

Die Moorkohle.

Den Hauptbestandteil des Flözes bildend, ist die Moorkohle zugleich auch der wesentliche Träger des Aschengehaltes. Ebenso wie bei den Duriten der Steinkohlen gibt es Moorkohlenstreifen, namentlich am Liegenden, die so hohen Aschengehalt aufweisen, daß sie von Kohlenschiefer mit dem Auge schwer zu unterscheiden sind. Auch der in der Literatur einst aufgetauchte Grenzwert von 10% Asche zur Unterscheidung von Kohle und Kohlenschiefer ist nur bedingt zutreffend, da es Länder gibt, die aschenärmere Kohlen überhaupt nicht kennen. Selbst ein guter Teil der deutschen Erdbraunkohlen würde bei solcher Grenzziehung (in der Trockensubstanz) aufhören, „Kohle" zu sein. Beim Trocknen an der Luft verliert der Xylit eher um 1 bis 2% mehr Wasser als die Moorkohle. Meist beträgt die grobe Feuchtigkeit der Moorkohle bei 27 bis 34%, steigt aber gelegentlich auf 41%. Lufttrockener Xylit verliert bei 105° 5·7 bis 6·7%, lufttrockene Moorkohle dagegen 13·1 bis 16·6%.

Die Moorkohle ist es vor allem, die das Zerbröckeln beim Austrocknen der Stückkohle verursacht.

Schon der Name Moorkohle zieht den Vergleich mit Moorerde, mit den leicht zerstörbaren Teilen der Pflanzen. Es liegen wenig mikroskopische Untersuchungen solcher Kohlen vor. Mikrotomschnitte der bergfeuchten Kohle sind bei stückigen Weichbraunkohlen immer noch die günstigsten Präparate (Fig. 3 und 4). Für Fälle, wo diese versagen, hat Siegl die unten angezeigten Methoden für Auflichtungsuntersuchungen entwickelt. Daß in der strukturlosen Grundmasse Pollen sowie gelbes und braunes Harz und einzelne Gewebefetzen liegen, würde schon in den Anfängen der Kohlenmikroskopie bei der Hausruckkohle erkannt.

Immer schon wurde aus den zahlreichen und mannigfachen Blattabdrücken über Kohlenflözen geschlossen, daß Laubhölzer

am Aufbau der Kohlenflöze wesentlich beteiligt sind, wenn auch Koniferen geradezu allein unter ihren Hölzern angetroffen werden. In unseren Präparaten fanden sich Gewebereste, deren Laubholznatur Elise Hofmann unten dartut. Es ist also nur die Folge der Auslese bei der Vertorfung, wenn auch im Hausruck *Cupressinoxylon* geradezu allein die Brettelkohle bildet.

Bituminöse Kohle, Schwelkohle.

Schon in der Grube fielen einzelne Lagen durch hellere Färbung auf, ferner festeres Gefüge, mangelnde Feinschichtung, Entzündbarkeit an der Karbidlampe, wobei sie mit leuchtender und rußender Flamme verbrennen. Auch der Geruch der brennenden Kohle ist kennzeichnend. Es ist, wie die chemischen und petrographischen Untersuchungen gezeigt haben, Schwelkohle. Mitteldeutsche Schwelkohlen sind lichter, dichter, leichter. Sie zerfallen in Wasser zu feinstem braunem Schlamm, unsere zerfällt nicht. Siegl (1940) hat, von der Hausruckkohle ausgehend, gezeigt, daß ebenso wie die anderen Kohlenarten auch die Schwelkohlen bei der Metamorphose verschiedene Stadien bis zur Kannelkohle durchlaufen. Die Schwelkohle bildet vereinzelt und örtlich bis zu 30 *cm* dicke Bänke. In dünnen Lagen und Schmitzen ist sie unregelmäßig (!) im Flözprofil verteilt. Auf der Grube Waldpoint zeigte man mir eine „graue Kohle", die nichts anderes ist, als etwas humose Schwelkohle. „Pyropissit" von Ampfelwang ist schon von Frank Schwarz (1936) beschrieben worden, wobei Schwarz betont, daß das Material dem Retinit näherstehe.

Wie die Bilder (Fig. 1 und 2) zeigen, ist die Schwelkohle sehr viel reicher an Pollen und Sporen als die Moorkohle. Deutlich kam das auch zum Ausdruck, als gleiche Mengen Moor- und Schwelkohle mazeriert wurden und in gleicher Weise sedimentiert wurden. Dabei zeigte sich besonders, daß beim Pollen dieser Unterschied sehr viel größer ist als bei Sporen. Sehr viel feiner, farbloser Detritus im Mazerationsprodukt färbte sich mit Chlorzinkjod blau und ist als Zellulose zu bezeichnen. Harz ist in geringerer Menge vorhanden als Pollen und Sporen. Zum Teil bildet das Harz sehr kleine, runde Tröpfchen, zum Teil aber auch jene oft eckig begrenzten Pfropfen, die man sonst in den Holztracheiden sieht. Der Fusitgehalt der Moorkohle ist sehr viel größer als jener der Schwelkohle.

Läßt man das Mazerat der Schwelkohle sedimentieren, so zeigt eine der leichtesten Fraktionen schwache Fluoreszenz mit der Quarzlampe. Diese Fraktion besteht fast nur aus Pollen.

Die Schwelkohlenbänke im Hausruck halten nicht auf größere Entfernung an. Auch zeigen sie nicht die dünne rhythmische

Schichtung, wie sie besonders aus dem Geiseltal bekannt ist. Dort darf man an regelmäßig wiederkehrende Schwankungen des Grundwassers als Ursache der Schwelkohlenbildung denken, die Voigt (1939) auf klimatische Ursachen zurückführt. Immerhin ist dieser Rhythmus eine Lokalerscheinung des Geiseltales oder Mitteldeutschlands, denn in den Eocaenkohlen von Südosteuropa und der Ostmark ist nicht die Spur eines analogen Rhythmus zu erkennen.

Die Anreicherung von Harz, Pollen und Wachs unserer Schwelkohle ist wohl, wie es auch sonst angenommen wird, auf Verwesung der übrigen Pflanzenbestandteile zurückzuführen, bedingt durch die Konfiguration der Torfoberfläche. Beziehungen zum Auftreten von Fusit scheinen nach Siegl vorhanden zu sein. Wenn ich an die „Juden" von Zillingdorf (W. Petrascheck, Kohlengeologie S. 221 und 258), an die gelben Xylite von Köflach erinnere, so hat man daselbst Belege für Bituminierung des Holzes von außen her. Es ist soeben wieder von Gothan (1941) die Anschauung vertreten worden, daß es die tropische Flora des Eozäns mit ihrem Reichtum an Wachs, Harz und Öllieferanten war, die den höheren Bitumengehalt der norddeutschen Eocaenkohlen verursacht habe. Das Überwiegen der Dikotylen in der eozänen und der Koniferen in der jungtertiären Flora soll den Unterschied in der Kohlenqualität erklären. Daß dieser Unterschied eine Rolle spielen kann, ist nicht bestreitbar, aber schon im Sudetengau trifft man bituminöse und zum Teil hochbituminöse Flöze im Oligozän und Miozän. Der Hausruck zeigt uns pliozäne Schwelkohle. Anderseits kann man nicht behaupten, daß die Eozänkohlen von Ungarn, Istrien, Kärnten, Tirol usw. sich irgendwie durch höheren Bitumengehalt von gleichen Inkohlungsgraden miocaener Kohlen abheben. Auch ökologische Einflüsse können es nicht sein, denn die Kohle des Geiseltales und andere mitteldeutsche Vorkommen liegen ebenso auf einer verkarsteten Kalklandschaft wie viele, aber nicht alle eocaene Kohlen der Südoststaaten.

Fusit und Brandlägen.

Außer dem Auftreten des Fusits in Gestalt von äußerlich verkohlten Baumstämmen trifft man ihn noch in dünnen (½ bis 2 *cm*) Schichten, den „Brandlägen" der Bergleute an. Diese Lagen halten weithin an und gliedern das Flöz. Typische Fusitbrocken sind in ihnen angehäuft. Ab und zu kann man auch einen Fusitbrocken quer zur Schichtung in der Moorkohle steckend finden.

Mehr noch als bei den Steinkohlen kann man bei den Braunkohlen verschiedene Fusitvarietäten unterscheiden. Für meine

Versuche entnahm ich lufttrockener Kohle des Probeschlitzes zwei Sammelproben.

Den Fusit, der dem Steinkohlenfusit am ähnlichsten ist, der so leicht zerreiblich ist, daß man ihn fast wegblasen kann und daß er beim Präparieren mit der Lanzettnadel zu feinem Staub zerfällt, nenne ich hier mürber Fusit.

Reichlicher kommt ein Fusit vor, der auch größere Brocken bildet und etwas fester ist. Mit der Lanzettnadel aus der Kohle herausgestochen, zerfällt er ähnlich wie Holz in kleine, scheiterartige Späne. Ich nenne diesen Fusit hier Spanfusit.

	Wasser	Asche	Flüchtige Bestandteile	Fixer Kohlenstoff in der Reinkohle
	der lufttrockenen Rohkohle			
Mürber Fusit	10·07%	5·76%	20·76%	63·95%
Spanfusit	12·45%	8·17%	27·37%	65·50%

Daß sich dabei der Spanfusit als stärker inkohlt zeigte, möchte ich eher als Zufall betrachten, denn kleine Unterschiede sind bei diesen Bestimmungen die Regel. Bemerkenswert ist, daß auch der Hausruckfusit sich an die einst von mir festgestellte Regel hält, je mehr flüchtige Bestandteile in der Kohle, um so mehr auch in ihrem Fusit.

Von beiden Fusiten wird Kalilauge tief braun, verdünnte Salpetersäure nur gelb gefärbt, der Spanfusit hat dunkelbraune Strichfarbe. Mindestens der Spanfusit wäre als Braunkohle zu klassifizieren. Er unterscheidet sich auch dabei von den Fusiten der niederwertigsten Flammkohlen.

Zur Bitumenbestimmung wurde mit Benzol-Alkohol-Gemisch (gleiche Volumina) sechs Stunden lang im Soxhlethapparat extrahiert. Für eine Humussäurebestimmung kochte ich 1 *g* Kohle mit 150 cm^3 10%ige Sodalösung, filtrierte und fällte die Humussäure mit HCl. Sie wurde bei 110° getrocknet gewogen.

Spanfusit	roh	auf Reinkohle umgerechnet
Bitumen	1·55%	1·95%
Humussäure	5·22%	6·57%

Der Bitumengehalt des Fusits ist schwer mit einer Entstehung durch Waldbrände vereinbar. Die Humussäure könnte schließlich auch aus Lösungen im Torfe adsorbiert sein. Eine Inkrustierung der Zellwände mit Humussubstanzen aus dem Torf kann jedoch nicht erfolgt sein, denn Späne des Fusits, im auffallenden Licht mikroskopiert, zeigen die Hoftüpfel des Taxodioxylonholzes in größter Deutlichkeit, sowie auch Meilerholzkohle. Man kann auf diese Art müheloser als bei anderen fossilen Hölzern histologische Details unter dem Mikroskop erkennen.

Verglichen mit den unten von W. J. Müller, Civran und Gruber aus dem Xylit mitgeteilten Huminsäuregehalten ist dieser des Fusits hoch. Es ist aber nicht zu übersehen, daß die verschiedenen Bestimmungsmethoden ungleiche Werte erwarten lassen. Mir kam es auf eine einfache Methode an.

Um zu erfahren, ob auch Meilerholzkohle noch Bitumen enthält, wurde eine Lärchenholzkohle, also ein sehr harzreicher Baum, im Soxhletapparat extrahiert. Bei zwei Versuchen mit etwa je 10 *g* Substanz wurden 0·33% und 0·24% Extrakt erhalten.

Probenahme für die Analysen.

Zur Untersuchung kam eine Schlitzprobe, die einen lückenlosen Querschnitt des „3. Flözes" im Nordfelde der Grube Schmitzberg bei Ampfelwang gab. Die Probe wurde von der Grube, nachdem ich den Ort selbst ausgewählt hatte, in großen Stücken angeliefert. Vom gleichen Abbaufeld kam eine normal genommene Schlitzprobe zur Analyse.

Der Xylit wurde aus den Anlieferungen der Grube aus einer Anzahl verschiedener Stücke im Geologischen Institut isoliert.

Die Schwelkohle wurde aus einer stärkeren Bank von der Grube an das Institut für Brennstoffe geliefert.

Die Anlieferung erfolgte immer im frischen und bergfeuchten Zustand. Für die chemische Untersuchung wurden die Proben an der Luft getrocknet, immer wurde darauf Bedacht genommen, daß die Kohle nicht mehr der Luft ausgesetzt war, als unbedingt notwendig war.

Es wäre interessant gewesen, Proben tunlichst unter Ausschluß von Luft aus dem Flöz zu entnehmen und nach Vakuumtrocknung zu analysieren. Aus eigenen Versuchen ist mir schon lange bekannt, daß nicht unwesentliche Veränderungen an den humosen Bestandteilen unter Einfluß der Luft schnell eintreten. Wenn unsere Untersuchungen praktisch verwendbaren Anhalt liefern sollen, schien kurze Lufttrocknung zweckmäßiger zu sein.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Welchen Einfluß der tunlichst vollständige Ausschluß von Sauerstoffberührung auf die chemischen Eigenschaften hat, würde Aufgabe einer besonderen Versuchsreihe sein.

Aus den Analysen ergaben sich jedoch Unstimmigkeiten, die auf die Art der Probenahme zurückzuführen sind. Da das Mengenverhältnis von Bretterkohle, Schwelkohle und Fusit im Flöz bekannt ist, da der Fusit bei der Zerlegungsanalyse fast vollständig unter Humine erscheinen muß, sollte es möglich sein, aus der Analyse des Flözes, der Schwelkohle und der Brettelkohle jene der Moorkohle zu errechnen. Wie unten gezeigt werden wird, ist das nicht durchführbar, weil unmögliche Werte sehr variabler Bestandteile herauskommen. Die Schlitzprobe zeigt einen niedrigeren Zellulosegehalt als nach der mengenmäßigen Beteiligung der Brettelkohle am ganzen Flöz zu erwarten ist. Das liegt einesteils daran, daß die Probeschlitze für die Analyse und für die Vermessung nur benachbart, nicht kongruent waren, ferner daran, daß aus einem Material ungleicher Korngröße, wie es eine solche Schlitzprobe ist, durch die üblichen Methoden keine zuverlässige Durchschnittsprobe gezogen werden kann. Ich verweise hier auf die 30 bis 40 Jahre zurückliegenden klassischen Untersuchungen von T. A. Rickard und anderen, die namentlich am Beispiele Golderz dartun, wie sorgfältig bei der Probenahme vorzugehen ist, wenn naturwahre Mittelwerte erlangt werden sollen. Bisher spielte dies bei der Kohlenanalyse keine Rolle, weil, wie unten besprochen wird, die alten Analysenmethoden in den Gefügebestandteilen der Flözkohle keine sehr großen Unterschiede aufzeigten. Wenn aber einzelne Kohlenstreifen sehr variable Analysenwerte aufweisen, ist bei der Probenahme mit gleicher Sorgfalt vorzugehen wie bei Erzen mit sehr veränderlichen Metallgehalten. Damit ist auch der Vorgang für spätere Untersuchungen gegeben: Analysieren, was mit dem Auge unterschieden und mit der Hand getrennt werden kann. Durchschnittswerte für das Flöz können daraus mit größerer Sicherheit errechnet werden als umgekehrt.

Petrographische Untersuchung eines Flözprofils.

Von W. Siegl.

Technik der Untersuchungsmethoden.

Es zeigte sich im Verlaufe der Studien an Braunkohlen immer wieder, daß jede Kohlenart eine besondere Art der Präparation verlangt. Innerhalb eines Flözes sind es wieder die verschiedenen Bestandteile, welche je nach den gestellten Anforderungen verschieden präpariert werden müssen. Es soll daher ganz kurz auf die Verarbeitung der vom Bergbau gelieferten bergfeuchten Kohle eingegangen werden. Es wurden vorwiegend Anschliffe hergestellt, da die Kohle zumeist im Auflicht untersucht wurde. Aus der bergfeuchten Kohle lassen sich sehr leicht genügend kompakte Klötzchen herausschneiden, welche nach dem Feinschleifen ganz kurz mit Chromoxyd und schließlich mit Magnesia poliert werden. (Nach dieser Methode werden in unserem Institut sämtliche Kohlen und Erze behandelt, bei harten Erzen liegt naturgemäß das Schwergewicht am Polieren mit Chromoxyd.) Bei Einzeluntersuchung kann der so hergestellte Anschliff beliebig lange unter Wasser gebrauchsfertig aufbewahrt werden. Bei Reihenuntersuchungen (Ausmessung eines Profils) ist aus Platzmangel und mangels einer notwendigen Übersicht das Aufbewahren unter Wasser nicht durchführbar, so daß man in diesem Falle die Kohlenklötzchen in Gips einbetten wird, in welchem sie sich längere Zeit, ohne rissig zu werden, halten, besonders dann, wenn man die Anschliffe in einer gut schließenden Blechschachtel aufbewahrt. Da die einzig brauchbare Art der mikroskopischen Untersuchung der erdigen und stückigen Weichbraunkohlen die unter Öl und bei Dunkelfeldbeleuchtung (eine lichtstarke Lampe ist unbedingt notwendig) ist, haben wir nach ganz kurzem Antrocknen der Anschliffoberfläche diese sogleich mit einer dünnen Schichte Immersionsöl versehen; dadurch wird ein weiteres Austrocknen der Oberfläche für ausreichend lange Zeit verhindert und außerdem ist der Anschliff für die orientierende Beobachtung unter dem Binokular fertig. Hiezu wird der aufgekittete Anschliff seitlich von einer möglichst starken Mikroskopierlampe beleuchtet und von oben beobachtet. Unter dem Binokular können sehr gut die verschiedenen Bestandteile unter-

schieden sowie die Ausdehnung der einzelnen Bestandteile festgestellt werden. Soweit unsere Erfahrungen bezüglich dieser Art der Beobachtung von Weichbraunkohlen zeigen, dürfte sich ihre Verwendbarkeit immer mehr herausstellen. In Verbindung mit der normalen mikroskopischen Beobachtung ist die binokulare jedenfalls außerordentlich günstig.

Mikroskopiert wurde mit dem Reichert'schen Hell-Dunkelfeld-Ölimmersionsobjektiv (Epilum — Öl, 22×),[1] welches als das für Braunkohlenuntersuchungen verwendbarste Objektiv zu bezeichnen ist. Bezüglich der Verwendung eines Blaufilters, welches bituminöse Bestandteile der Kohle deutlich hervortreten läßt, sei auf die Arbeit W. Siegl's „Über Retinite, Bitumenharze etc." verwiesen.

Das Leuchten der Kohle im ultravioletten Lichte der Quarzlampe mit Analysenfilter wurde ebenfalls laufend beobachtet; auch diesbezüglich sei auf die obengenannte Arbeit verwiesen.

Zur Untersuchung der Xylite in der Moorkohle reichen die Anschliffe nicht aus, hiezu sind Dünnschnitte unerläßlich. Bezüglich ihrer Herstellung ist nichts Besonderes zu erwähnen.

Dünnschnitte der Moorkohle lassen sich wegen der Sandkörner, welche in ihr in wechselnder Menge vorkommen, nicht anfertigen.

Dünnschliffe der Moorkohle wurden nur in Ausnahmsfällen angefertigt. Die Herstellung einer lückenlosen Reihe von Dünnschliffen ist kaum möglich und wäre auch viel zu zeitraubend. Im übrigen ist aus einem Braunkohlendünnschliff oft weniger zu entnehmen als aus einem Anschliff bei geeigneter Beleuchtung und Ölimmersion.

Als Grundlage und Rahmen für alle weiteren Untersuchungen soll uns die Abbildung des Flözes in einem Profil dienen, welches sich aber in mehreren Punkten von den sonst üblichen graphischen Darstellungen einer Flözprofilausmessung unterscheidet. Es wurden möglichst alle Beobachtungen in das Profil eingetragen und außerdem sollen alle gemessenen Größen ablesbar sein. Eingehend wird in einem der folgenden Kapitel darauf eingegangen werden; im Anschluß an die Darstellung der verschiedenen Präparations- und Untersuchungsmethoden sei die Reihenfolge der einzelnen Arbeitsvorgänge mitgeteilt.

Die Grube lieferte uns eine aus wenigen Teilen bestehende lückenlose Säule des Flözes vom Liegenden bis zum Hangenden. Diese wurde im Institut zunächst der Länge nach durchschnitten und der zur Bearbeitung gelangende Teil in einem Trog unter

[1] Vorschaltung einer Kühlküvette unerläßlich.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wasser aufbewahrt. *Q* ist der Querschnitt der von der Grube gelieferten Säule (Fig. 1), die selbst einen quer zur Lagerung genommenen Ausschnitt aus dem ganzen Flöz darstellt. Nur der im Bilde untere Teil der Säule wurde für die Untersuchung verwendet. Aus diesem wurde das stark gezeichnete Prisma durch Schnitte in der Richtung I, II und III herauspräpariert und in Klötzchen geeigneter Größe gespalten, welche dann in Gips eingebettet, geschliffen und poliert wurden. Die in der Skizze schraffierte Fläche war die mikroskopische Anschlifffläche, die auf Tafel 1 dargestellt ist. Auf die eben geschilderte Art war es möglich, die Anschliffe aus durchaus frischen Teilen der Säule herzustellen und außerdem jederzeit Reservematerial für Xylitschnitte und Immediatanalysen bereit zu haben.

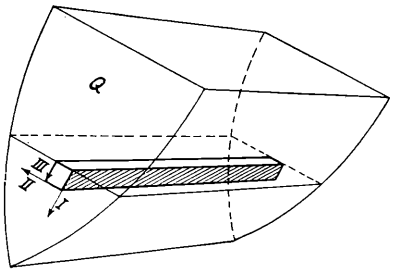


Fig. 1.

Nach der Herstellung geeigneter Anschliffe konnte nun darangegangen werden, die Anschlifflächen zu messen und maßstabgetreu abzuzeichnen, wobei es hauptsächlich auf die Richtung senkrecht zur Schichtung ankam. Grobe, ohneweiteres sichtbare Xyliteinlagerungen wurden ebenfalls gleich eingezeichnet. Der frische, noch nicht mit einer Ölschicht überzogene Anschliff wurde sofort unter der Analysenlampe beobachtet und der Grad des Leuchtens der Grundmasse sowie der Xylite und anderer Einschlüsse in die Zeichnung eingetragen bzw. notiert. Bitumeneinlagerungen, die sonst kaum zu sehen sind, fallen durch ihr starkes Leuchten auf.

Der nächste Schritt ist die Beobachtung unter dem Binokular nach vorherigem Überziehen mit Öl. Aus Geweben herausgelöste, nun in der Grundmasse schwimmende Harzkörner werden bei der sehr geeigneten Vergrößerung von zirka 30× sichtbar, ebenso die gelegentlich in großer Menge die Grundmasse erfüllenden feinsten xylitischen Streifchen. Unter dem Binokular erkennt man am leichtesten, ob die Grundmasse sandig oder rein duritisch bzw. xylitisch ist. Es kann auch entschieden werden, an welchen Stellen in der Grundmasse eine Messung mit dem Integrationstisch am besten vorgenommen werden kann, um einen brauchbaren Durchschnitt für einen bestimmten Bereich zu bekommen.

Nun bleibt nur mehr die Beobachtung unter dem Mikroskop. Es können nun selbstverständlich alle Feinheiten der Einschlüsse beobachtet und die quantitativen Messungen mit dem Integrationstisch vorgenommen werden. Hiebei werden die Prozente Grundmasse, Harz, Xylit, Fusit sowie anderer gelegentlich in größerer Menge auftretende Bestandteile, wie z. B. Pollen, angegeben. Nachdem Xylitstreifen bis herunter zu einem Millimeter Stärke schon gelegentlich der binokularen Betrachtung festgestellt und eingetragen werden, ist es offenbar nur notwendig, die Zahlen über die Grundmasse durch Integration zu erhalten. Alle anderen Zahlen können durch direkte Ausmessung der maßstabtreuen Zeichnung erhalten werden. Die Ansicht, nur durch Integration genaue Werte zu erhalten, ist sicherlich nicht richtig. Es sei übrigens hier darauf hingewiesen, daß Berge wegen ihrer Unauffälligkeit unter dem Mikroskop nicht integriert werden können, am besten sind die Sandkörnchen noch unter dem Binokular zu sehen, doch bleibt als einziges Mittel, diese festzustellen, die Immediatanalyse bzw. die Aschenbestimmung, für welche aus dem Reservematerial an bestimmter Stelle die Substanz entnommen werden kann, ebenso wie Xylite, deren weitere Untersuchung erforderlich ist, daraus herausgeschnitten werden.

Bei den Xyliten kommt es im wesentlichen darauf an, wie viel Zellulose in ihnen im polarisierten Licht nachzuweisen ist. Zahlen können in diesem Fall nicht angegeben werden; sie sind auch insofern entbehrlich, da die Xylite entweder höchstens zur Hälfte aus Zellulose oder fast nur mehr aus „Lignin" bestehen. Näher wird darauf im Kapitel über die Xylite eingegangen.

Da die untersuchte Kohle meist sehr arm an Pollen ist, wurde bis jetzt von einer Pollenanalyse Abstand genommen.

Moorkohle (Durit).

Die duritische Grundmasse einschließlich der in diese übergehenden Berge liefert, da sie das wesentliche Produkt bei der Flözbildung darstellt, die Hauptmasse der Kohle. Das wenige, was über sie gesagt zu werden braucht, sei an den Anfang gestellt, da sie als Ergebnis eines stetigen, offenbar nur für relativ kurze Zeit unterbrochen erscheinenden Prozesses den Rahmen für die akzessorischen bzw. episodenhaften Vorgänge liefert, welche zur Bildung der übrigen Komponenten führten.

Die dunkle Moorkohle setzt im Liegenden, wie aus dem Profil ersichtlich ist, nicht unmittelbar ein. Dunkle Berge bilden das Liegende. Relativ rasch gehen die dunklen Berge in die dunkle Moorkohle über. Es war zweckmäßig, im Profil Schichten mit

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

etwa 30 und mehr Prozent Aschengehalt, in diesem Falle vorwiegend feiner Quarzsand, als „reine Berge" zu bezeichnen. Aus diesen Schichten konnten Anschliffe in keinem Falle mehr hergestellt werden, da das Material schon zu zerreiblich war. Schlechte Anschliffe erhielt man aus Moorkohle, wenn sie auch noch unter dem Binokular mittlere Sandkörner enthielt. Solche Moorkohlen hatten meist einen Aschengehalt von 20 bis 25% und werden als „bergereiche Moorkohle" bezeichnet. In der „reinen Moorkohle", die neben den reinen Bergen und der bergereichen Moorkohle im Profil ausgehalten wurde, sind Quarzkörnchen nicht mehr festzustellen. Die Bezeichnung reine Moorkohle ist eine petrographische, da der Aschengehalt, der, wie unten mitgeteilt, recht bedeutend ist, nicht mehr gesehen werden kann. Feinste Tonteile dürften einen wesentlichen Anteil des hohen Aschengehaltes ausmachen. Reine mineralische Einlagerungen konnten im Flöz nur untergeordnet festgestellt werden; es handelt sich dann um dünne Sand- oder Tonlagen. Die meist scharfkantigen Sandkörnchen erreichen nur selten eine Größe von wenigen Millimetern, meist ist ihr Durchmesser $0{\cdot}1 - 0{\cdot}2\ mm$. Neben Quarzkörnchen findet man auch Glimmerplättchen gleicher Größe. Manche bergereiche Schichten leuchten mäßig, bisweilen mit roter Farbe im UV.-Licht.

Nun zur „reinen" dunklen Moorkohle selbst. Bei der petrographischen Untersuchung der Moorkohle wurden neben der Grundmasse noch erkennbarer, meist dunkler Xylit (Dicke immer weniger als 1 *mm*), Harz in Form kleiner rundlicher Harzkörner sowie Fusit in feinen Splittern ausgehalten. An 16 Stellen im Profil wurde eine Moorkohle solcher Art mit dem Integrationstisch vermessen, woraus sich eine durchschnittliche Zusammensetzung wie folgt ergab:

72·82 Vol.-% Grundmasse,
23·17 Vol.-% noch erkennbarer, meist dunkler Xylit,
1·92 Vol.-% Harz,
2·09 Vol.-% Fusit.

Zur Grundmasse zählen alle Bereiche, in denen keine Strukturen mehr erkannt werden können. Unter den strukturierten Einschlüssen, die unter der Sammelbezeichnung Xylite zum Unterschied gegenüber Harz und Fusit zusammengefaßt werden, finden sich neben den zahlreichen kleinen Ästchen im wesentlichen die widerstandsfähigen Teile von Laubhölzern. Es sind das Sklerenchymzellen, Rindenparenchym,[1] selten echte Blatthäute, dafür

[1] Näheres im Botanischen Teil von E. Hofmann.

häufiger die Suberinhülle dünnerer Ästchen. Es ist auch verständlich, daß Pollen und Sporen gerade in dieser Kohle angetroffen werden. Eine Bestimmung der Holzart an den kleinen Xyliten ist wegen der weitgehenden Zersetzung nicht mehr möglich. Im Anschliff werden diese Xylite meist, sobald die Kohle etwas eingetrocknet ist, glänzend, also vitritähnlich.

Die kleinen rundlichen Harzkörner sind in der dunklen Moorkohle, wie aus der obigen Analyse hervorgeht, spärlich. Es ist das bemerkenswert, da diese als sehr widerstandsfähige Substanzen bei der Zersetzung der Xylite hier wohl angereichert werden sollten. Dieser Meinung bin ich heute nicht mehr, sondern halte es für wahrscheinlich, daß es ein besonderer Prozeß war, welcher aus den doch mehr stäbchenförmigen Harzpfropfen, wie man sie in Geweben antrifft, die im Durchschnitt gleich großen, kugeligen, zum Teil von kleinsten Bläschen erfüllten Harze bildete. Darauf wird später noch zurückgekommen werden.

Ganz wenig ist noch über den Fusit- und Sandgehalt der Moorkohle zu sagen. Der Fusit tritt in Schuppen und als feinstes, mit dem Integrationstisch oft nicht mehr erfaßbares Zerreibsel auf. Größere Fusitlinsen bzw. Stämmchen finden sich vorwiegend im Zusammenhang mit der später zu beschreibenden hellen Moorkohle.

Im trockenen Zustande sieht es aus, als ob die Kohle reicher an Fusit sei, da die Trockenrisse stets durch die Fusitlagen laufen. An Xyliten, besonders an Bretterkohlen kann man im trockenen Zustande häufig eine fusitische Rinde beobachten; es handelt sich hier um einen Halbfusit, also um ein Zwischenstadium der Verkohlung, welcher mit dem Xylit noch im Verbande geblieben ist, während der eigentliche Fusit in Schuppen oder noch größeren Teilen abgefallen ist. Daraus wie aus dem Auftreten im Verbande mit anderen Komponenten im Flöz kommt für die Entstehung des Fusites nur die durch Brand in Frage. Es konnten keinerlei Anhaltspunkte für eine andere Entstehungsart gefunden werden.

Der Fusitgehalt ist klein; er steigt, sowie die Kohle sandig wird. Der Durchschnitt dreier Integrationsanalysen von sandigen dunklen Moorkohlen zeigt deutlich, wie der Fusit auf Kosten des Xylites zunimmt:

73·93 Vol.-% Grundmasse (sandig),
19·30 Vol.-% Xylit,
1·90 Vol.-% Harz,
4·87 Vol.-% Fusit.

Da der Anteil des Sandes in der Grundmasse durch Ausmessung nicht bestimmt werden kann, muß hier die Immediatanalyse aushelfen. Die Analyse einer bergreichen Moorkohle lieferte folgende Resultate:

33·69% Wasser,
23·09% flücht. Bestt.,
18·16% fix. C,
25·05% Asche.

Im Profil kann die dunkle Moorkohle leicht am Fehlen von Fluoreszenzerscheinungen erkannt werden. Die an sich selten in der Moorkohle auftretenden Pollen oder Sporen sind in ihr durch ihr mäßiges Leuchten erkennbar. Die Dichte der bergfeuchten Moorkohle beträgt 1·229.

In der Brikettpresse verliert die Moorkohle einige Prozente Wasser, eine Erscheinung, welche in noch stärkerem Maße bei den Xyliten auftritt und im wesentlichen für eine Braunkohle dieses Stadiums kennzeichnend ist. Hierin steht diese Braunkohle dem Torf noch recht nahe.

Als typisches Beispiel einer Immediatanalyse einer dunklen Moorkohle kann das Ergebnis der Analyse 5 gelten:

35·99% Wasser 25·97% flücht. Bestt. 22·13% fix. C 15·91% Asche	in der Rohkohle;
54·00% flücht. Bestt. 46·00% fix. C	auf Reinkohle umgerechnet.

Der Durchschnitt der Analysen der dunklen Moorkohle auf Reinkohle umgerechnet ergibt

51·75% flücht. Bestt.,
48·25% fix. C.

Der Wassergehalt der bergfeuchten Kohlen ist recht gleichmäßig und im übrigen wenig charakteristisch. Es ist von Interesse, hinzuweisen, daß die dunkle Moorkohle im trockenen Zustand ähnlich wie die dunklen Xylite glänzend wird und dann einer Mattbraunkohle nahezu gleicht. Der Aschengehalt ist relativ hoch.

Trocknet die dunkle Moorkohle aus, so wird sie rissig und zerfällt zu kleinem Grus; hierin unterscheidet sie sich von der hellen Moorkohle, welche mehr oder weniger kompakt bleibt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Xylite.

Als wesentlichen Anteil der Kohle von Ampfelwang soll nun auf die zwar von recht einheitlichem Ausgangsmaterial (siehe Botanischen Teil von E. Hofmann) stammenden, aber im Flöz in struktureller wie auch chemischer Hinsicht in verschiedenen Spielarten auftretenden Xylite näher eingegangen werden.

Die Größe der Xylite ist, wie gewöhnlich, außerordentlich schwankend. Ihre Form ist vorwiegend brettähnlich, doch kommen daneben liegende Stämme mit kreisähnlich, elliptischem Querschnitt vor. Die kleinen Xylite haben meist den flachlinsenförmigen Querschnitt, den man vom Vitrit her gewohnt ist. Eine weitere Form des Xylites wird lokal „Quell" genannt. Es ist dies ein im bergfeuchten Zustand mürber, außerordentlich wasserreicher und dabei doch stark gefaltet bzw. zerknittert erscheinender Xylit.

Die Farbe der Xylite wechselt ebenfalls; neben den normal braunen Hölzern kann man gelbe, rote, graubraune und fast schwarze beobachten.

Auf die chemische Verschiedenheit der Xylite weist auch das unterschiedliche Verhalten im ultravioletten Licht hin. Manche Xylite leuchten hellgelb, während andere wieder mehr oder weniger braun oder gar nicht fluoreszieren. Auch innerhalb eines Xylites ändert sich die Fluoreszenz gelegentlich merkbar. In der Regel leuchten die Hölzer randlich weniger.

So wie die anderen Eigenschaften innerhalb weiterer Grenzen schwanken, so ist es auch mit der Dichte. Der spezifisch leichteste Xylit ist der meist helle „Quell"; seine Dichte ist 1·185. Ein höchster Dichtewert wurde an einem recht stark gefaltet erscheinenden Xylit festgestellt, er betrug 1·297. Als mittlere Dichte der Xylite vom Hausruck kann der Wert 1·21 gelten.

Ohne weiter auf den Chemismus der Xylite einzugehen, sollen nur einige für Xylite typische Resultate von Immediatanalysen angegeben werden:

	Rohkohle				Reinkohle	
	% H_2O	% flücht. B.	% fix. C	% Asche	% flücht. B.	% fix. C
1.	32·96	46·47	19·50	1·06	74·45	29·55
2.	30·49	46·73	21·35	1·42	68·64	31·36
3.	30·12	47·03	21·89	0·96	68·24	31·76
4.	41·27	31·12	23·88	2·73	57·17	42·83

1. = ist eine Analyse eines hell fluoreszierenden Xylites aus dem Profil.
2. = ein normaler, brauner, schwach leuchtender Xylit (Bretterkohle).
3. = Probe eines Quells (gepreßt), bergfeucht enthält er 55·56% Wasser.
4. = „schwarzer" Xylit aus dem Profil.

Zur Wasserbestimmung und zur Ausführung der Immediatanalyse wäre folgendes zu erwähnen: Würde man Xylitspäne oder Kohlepulver, ohne sie vorher in einer kleinen Brikettpresse zu pressen, direkt zur Analyse verwenden, so hätte man beim Verschwelen durch Mitreißen feiner Kohlenteilchen erhebliche Verluste. Beim Pressen verliert man lediglich einige Prozente Wasser. Da man die Ergebnisse der Analysen vorteilhaft an Hand der auf Reinkohle umgerechneten Werte vergleicht, spielt der Wasserverlust, der beim Pressen der Kohle entsteht, keine Rolle.

Dieser Wasserverlust der Xylite beträgt durchschnittlich 5—10%. Beim Quell ist der Wasserverlust außerordentlich hoch, er beträgt, wie aus der Analyse und der für bergfeuchten Quell angegebenen Zahl ersichtlich ist, über 25%. Gleichzeitig ist ersichtlich, daß der gepreßte Quell sich in der Immediatanalyse nicht vom gewöhnlichen Xylit unterscheidet.

Im Anschluß an die Darstellung des Wassergehaltes bzw. des Wasserverlustes der Xylite möchte ich noch über die Eigenschaften des lufttrockenen Xylites berichten. Die im allgemeinen helle Bretterkohle bekommt während des Trocknens glatte Längssprünge. Der Querbruch ist durchaus holzähnlich, splittrig. Die schwarzen Xylite, welche im folgenden wegen ihrer dunklen Farbe im Gegensatz zu dem doch mittelbraunen, gewöhnlichen Xylit so bezeichnend werden, treten in großer Menge in Form meist dünner Lagen, selten als kaum flach gepreßte Stämme im Flöz auf und werden ebenfalls rissig, doch sind die Sprünge in diesem Falle unregelmäßig und wellig. Auffällig ist der glatte, glänzende schwarze Querbruch dieser Xylite. Bergfeucht lassen sich die schwarzen Xylite in allen Richtungen auffällig gut mit dem Mikrotom schneiden, lufttrocken sind sie bereits spröde und fast splittrig brechend und erinnern hierin sehr an die Vitritstreifen der reiferen Kohlen.

Teile des Flözes, welche reich an schwarzem Xylit sind, werden nach dem Austrocknen im frischen Querbruch durch das Auftreten der schwarzen glänzenden Xylite einer Glanzbraunkohle recht ähnlich.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß sich im lufttrockenen Zustand der Fusit weit stärker bemerkbar macht als im bergfeuchten. So sieht man an dem trockenen Xylit häufig auf einer Seite eine schwarze fusitische Lage, seltener geht der Xylit in richtigen zerreiblichen Fusit über. Die „schwarzen" Xylite habe ich bis jetzt nicht in eindeutiger Verbindung mit Fusit gefunden. Damit steht im Einklang, daß ein Teil der Bretterkohle, also der helleren Xylite, wie schon angedeutet, randlich weniger fluoresziert und auch dunkler ist.

Wenn bisher die makroskopischen Eigenschaften der Xylite nebst einigem anderen angegeben wurden, so wird im folgenden das Mikrobild der verschiedenen Xylite dargestellt, welches einerseits einen Teil der makroskopischen Eigenschaften zu erklären imstande ist und anderseits in Verbindung mit diesen sowie im Zusammenhang mit Beobachtungen an Torfhölzern genetische Fragen in mancher Hinsicht berührt.

Xylite werden fast ausschließlich im Dünnschnitt im Polarisationsmikroskop beobachtet.

Die Fig. 8 zeigt einen Querschnitt durch eine Bretterkohle. Es fallen hier sofort die dickwandigen hellen Spätholzzellen auf. Die einzelnen Zellschichten werden in verschieden großen Abständen von den Markstrahlen durchsetzt. Aus dem Verlauf der Markstrahlen, welche im zusammengesunkenen Frühholz im

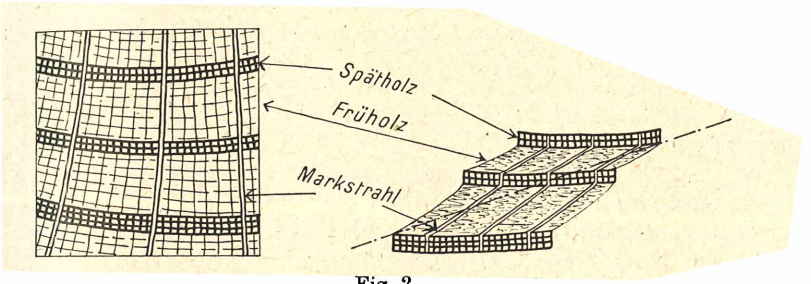


Fig. 2.

spitzen Winkel zu der „Jahresringebene" dieses durchsetzten, ist die Entstehung der Bretterkohle, wenigstens der hiebei stattfindende mechanische Vorgang abzulesen; durch irgendwelche Kräfte wird ein Stamm oder auch nur Scheit scheinbar ausgewalzt. Die nebenstehende Skizze veranschaulicht den Vorgang (Fig. 2).

Mit der Beobachtung, daß die Bretterkohle durch Umlegung des Frühholzes entstanden ist, ist noch recht wenig gesagt. Es ist bemerkenswert, daß gerade die Mehrzahl der Xylitbretter fast durchwegs aus doppelbrechenden Zellen bestehen, an denen noch viele zur Bestimmung der Hölzer wichtige botanische Einzelheiten sichtbar sind. Charakteristisch für einen Längsschnitt, für den Zellulosegehalt und für den Erhaltungszustand sind die Fig. 9 und 10.

Auf Fig. 9 sind z. B. oben und unten die Markstrahlen senkrecht geschnitten, in der Mitte des Bildes sind zwei Markstrahlen der Länge nach getroffen; es liegt also ein Radial- und Tangential-

schnitt zugleich vor. Dieses Ergebnis wird sofort klar, wenn man bedenkt, daß der Schnitt, wie in der Skizze angedeutet, nahezu tangential geführt wurde. In Fig. 9 sind an mehreren Stellen sehr schön die Hoftüpfel zu sehen. Die Fig. 10 zeigt dieselbe Stelle unter gekreuzten Nikols. Der Schnitt ist so eingestellt, daß sich die mehr tangential getroffenen Tracheiden in Hellstellung befinden. Bei den anderen Tracheiden sind nur die Hoftüpfel an ihrer offenbar radial eingelagerten Zellulose zu erkennen. Bei einer anderen Lage des Schnittes sind wieder die getüpfelten Tracheiden in Hellstellung; man hat also einen relativ unzersetzten zellulosereichen Xylit vor sich; lediglich einige Zellen sind bereits dunkel und isotrop geworden. Eine Ausmessung des Schliffes bezüglich seines Gehaltes an doppelbrechenden, also zellulosehältigen Zellen ist wegen der Schwierigkeit der Feststellung der Zellgrenzen im zusammengesunkenen Frühholz und wegen der hiezu ständig notwendigen Prüfung der Anisotropie praktisch nicht durchführbar.

Bevor weiter auf die Deformation der Xylite eingegangen wird, sollen noch einige charakteristische Bilder von Xyliten gezeigt werden.

Fig. 11 und 12 stellen Schnitte eines sogenannten Quells dar. Sieht man von der überaus starken Zellenbildung im Jahresring ab, so fällt vor allem das relativ geringe Umfallen der Frühholzzellen auf. Bei einer solchen Höhe der radialen Zellreihen wäre beim normalen Xylit kaum mehr der Verlauf einer solchen zu verfolgen. Es ist das um so auffälliger, weil wir es in diesem Falle mit einem bereits zellulosearmen Xylit zu tun haben. Man erkennt im Spätholz leicht die zellulosehaltigen Zellen, diese sind im Gegensatz zu den bereits zellulosefreien Zellen viel heller, merklich größer und zeigen bisweilen noch ihr ursprüngliches Lumen (Fig. 12). Der mittlere Spätholzstreifen der Fig. 11 zeigt deutlich die vereinzelten zellulosehaltigen Tracheiden. Aus den beiden Bildern ist ersichtlich, daß offenbar nur ein sehr geringer äußerer Druck wirksam gewesen sein kann. Das steht nun nicht im Gegensatz zur Beschreibung des Quells als außerordentlich zerknitterten Xylit, da doch ein starker äußerer Druck eine Orientierung der Falten bewirkt haben müßte; davon ist aber nichts zu bemerken, vielmehr kann man bloß von einer regellosen Zerknitterung sprechen, die, wie ich unten zeigen werde, auch durch Schrumpfung bei der Entwässerung eines noch durchaus undeformierten, aber immerhin schon weitgehend zersetzten Holzes entstehen kann. Diese Art von Deformation ist wohl zum größten Teil ursprünglich, d. h. das Holz ist so gewachsen. Astgabeln zeigen häufig solchen Bau.

Ein recht unerwartetes Bild gibt der Dünnschnitt eines im Querschnitt kreisähnlich-elliptischen, im Flöz liegenden Stammes. Man würde eigentlich das Bild eines rezenten Holzes erwarten, welches vielleicht, da es offenbar undeformiert zu sein scheint, von einer dunklen gallertartigen Masse getränkt sein könnte. Betrachtet man nun das Bild, so ist man zuerst der Meinung, es handle sich in diesem Falle um eine besondere Holzart, doch haben die histologischen Untersuchungen E. Hofmanns an diesem Material ergeben, daß das nicht der Fall ist. Die Fig. 13 zeigt rechts oben und links unten einen Spätholzstreifen, der dazwischenliegende Teil ist Frühholz; die dunklen Streifen sind Markstrahlen mit Harzkügelchen. Die Zellen selbst sind absolut isotrop, lediglich die Zwickel zwischen den Zellen sind schwach anisotrop, doch läßt sich diese Doppelbrechung kaum auf den Zellulosegehalt zurückführen, vielmehr dürfte es sich hier um eine Art Spannungsdoppelbrechung handeln. Gänzlich ungewöhnlich ist hier die Form der Zellen. Im Gegensatz zur scheinbaren Undeformiertheit des Stammes erscheinen die Zellen, und zwar jede einzelne vollständig verändert, sowohl im Früh- als auch im Spätholz. Von einem gerichteten Druck kann man nichts bemerken, dagegen spricht auch der geringe Grad des Umsinkens des Frühholzes. Die vollkommen isotropen Zellen zeigen fast kein Lumen, vorwiegend ist ihr Querschnitt so wie in nebenstehender Skizze (Fig. 3) dargestellt, er ist also am besten mit dem Querschnitt eines evakuierten und dabei zusammengedrückten Gasschlauches zu vergleichen. Sehr auffällig ist auch die Erscheinung, daß sich die Tracheiden gleichsam aus dem Zellverband zu lösen versuchen; die Zwickel zwischen den kollabierten Zellen weisen darauf hin.

Fig. 3.

Welche Kraft war es also, die eine derartige Detaildeformation bewirkte? Eine äußere Kraft kann es nicht gewesen sein, dagegen sprechen die Querschnittformen der Tracheiden sowie die Zwickel, welche bei einem äußeren Druck nicht entstehen könnten. Die naheliegendste Erklärung scheint folgende zu sein: Der im Moor vom Wasser bedeckte Coniferenstamm wurde zuerst auf chemischem Wege verändert; es wurde die Zellulose aus dem Gewebe entfernt, die Restsubstanz, also vorwiegend ein dem Lignin ähnliches Material amorpher Natur, wurde dann noch im Moor oder auch erst später nach der Bedeckung des Moores langsam entwässert. Hiebei dürften jedenfalls die an sich unverletzten Zellwände die Funktion einer semipermeablen Membran besessen haben, durch welche die Flüssigkeit, welche sich noch im Lumen

der Zellen befand, langsam diffundieren konnte. Im Anschluß an die Entfernung des Wassers schrumpften die Tracheiden und mußten sich dadurch teilweise aus dem Zusammenhang lösen. Der eben geschilderte Vorgang muß übrigens auch eine Verkleinerung des Stammquerschnittes zur Folge gehabt haben, womit das Fehlen, darauf wird noch später eingegangen werden, einer Rinde und gleichsam an ihrer Stelle die Anwesenheit eines feinen Letten, der später eingeschwemmt sein kann, gut übereinstimmt.

Die eben vertretene Meinung über die Deformation der Xylite läßt sich wenigstens zum Teil an Hand eines Coniferenstammes aus einem Torfmoor zeigen. Der ursprünglich zu anderen Versuchen gelieferte Stamm wurde einige Meter unter der Oberfläche dem Moor von Buchscheiben in Kärnten entnommen. Auf den ersten Anblick glaubt man es mit einem frischen Holz zu tun zu haben. Im frischen Querschnitt ist es hell graugelb. Es zeigt keine Spur einer Deformation (Fig. 14). Beim Schneiden fällt aber sofort seine außerordentliche Mürbheit auf, es läßt sich bereits zwischen den Fingern zerdrücken. Mit dem Mikrotom läßt es sich daher ohne weiterer Einbettung nicht schneiden. Ein Schnitt mit dem Rasiermesser war jedoch für unsere Untersuchung ausreichend. Dieser zeigt überraschenderweise ein der Fig. 13 analoges Bild, nur daß die Zellen noch ihre ursprüngliche Gestalt besaßen, jedoch bis auf die Mittelamelle bereits in eine zwar noch helle, aber schon durchaus isotrope Substanz umgewandelt waren. Ein Stück dieses Holzes ließ ich längere Zeit an der Luft trocknen. Hiebei wurde es nicht nur außerordentlich fest und verlor an Volumen, sondern zeigte trotz der Abwesenheit „humoser" Substanzen, das Holz war etwa honiggelb, bereits einen ausgesprochen glänzenden Querbruch. Schon unter dem Binokular konnte im Anschliff, der aus dem getrockneten Holz leicht hergestellt werden konnte, das vollständige Verschwinden der Zellumina, ja sogar ein Undeutlichwerden der Zellgrenzen festgestellt werden. Unter dem Mikroskop erhält man Bilder, wie in Fig. 15 und 16 dargestellt.

In Fig. 15 haben wir leicht umgefallene Zellreihen. Die Lumina sind verschwunden, man erkennt die radialen Zellreihen nur mehr an den Markstrahlen. Fig. 15, aber besonders Fig. 16 zeigt deutlich, daß die Deformation des Holzes, ja sogar eine scheinbare Faltung nicht durch Druck, sondern lediglich im Verlaufe des Austrocknens des zellulosearmen Holzes entsteht. Wenn bei diesem Holz sich die Zellen nicht in gleicher Weise wie beim Xylit (Fig. 13) einzeln aus dem Verband lösen, sondern in gewissen Abständen grobe, radiale Risse im

trockenen Holz entstehen, so kann das ohne weiteres auf das relativ rasche Austrocknen zurückgeführt werden.

Außer der Frage der Deformation der Xylite läßt sich nun auch zur chemischen Veränderung dieser, bzw. zur Rolle der Bakterien hiebei Stellung nehmen. Spuren von Bakterien konnte ich weder beim rezenten, bereits zellulosefreien Holz noch beim Xylit selbst bei stärkster Vergrößerung wahrnehmen. Ich erinnere daran, daß bei der Einwirkung von Pilzen das Gewebe vollständig zerstört wird; dasselbe wäre wohl auch bei der Einwirkung von Bakterien anzunehmen. Es ist auffällig, daß manche Zellen überhaupt nicht angegriffen wurden, während die Mehrzahl gleichmäßig in „Lignin" umgewandelt erscheinen. In Fig. 17 sind z. B. nur mehr zwei Tracheiden doppelbrechend. Die unmittelbare Rolle der Bakterien bei dieser Zersetzung ist wohl nicht ohneweiters abzuweisen, doch spricht viel dafür, daß die Erklärung hiefür wo anders zu suchen ist.

Neben den bisher besprochenen Xyliten gibt es in der Hausruckkohle auch solche, welche bereits im frischen Anschliff vitritähnlich schwarzglänzend sind und sich im trockenen Zustand überhaupt nicht von Vitrit unterscheiden. Bergfeucht lassen sie sich noch ausgezeichnet schneiden. Fig. 17 und 18 wurden von einem Xylit dieser Art hergestellt. In Fig. 17 ist gerade die Grenze zwischen dem matten und glänzenden Teil dieses Xylites getroffen. In der oberen Hälfte hat man noch die hellbraunen kollabierten Tracheiden mit den Zwickeln (Mittelamelle?), im unteren Teil ist die Zersetzung schon insofern weiter fortgeschritten, da von innen her die Zellen dunkelbraun werden. Die Zellen erweichen offenbar hiebei, werden im Querschnitt schmäler und länger, die Zellgrenzen werden undeutlich und schließlich verschwinden auch die Zwickel. Das Ergebnis dieses Vorganges ist in Fig. 18 dargestellt. Die an sich noch unterscheidbaren Zellen bestehen nun aus einer dunkelbraunen Masse, welche eine Art Gerinnungsstruktur zeigt. Ein Xylit dieser Art fluoresziert nicht

	Rohkohle				Reinkohle	
	% H_2O	% fl. Best.	% fix. C	% Asche	% fl.Best.	% fix. C
4.	41·27	32·12	23·88	2·73	57·36	42·64
5.	35·99	25·97	22·13	15·91	54·00	46·00

4. = Analyse des schwarzen Xylites.
5. = Analyse der dunklen Moorkohle.

mehr und ist auch in bezug auf das Verhältnis flüchtige Bestandteile zu fixem Kohlenstoff der ebenfalls nicht mehr im UV.-Licht leuchtenden dunklen Moorkohle schon recht ähnlich, wie aus angeführter Immediatanalyse zu ersehen ist.

Es ist der durchaus verschiedene Aschengehalt, der zeigt, daß wir es hier mit einer Konvergenzerscheinung und nicht mit einem Übergang von Xylit in Moorkohle zu tun haben, was man gerne aus den undeutlichen Übergängen vieler dunkler Xylite in Moorkohle annehmen möchte.

Innerhalb der Xylite steigt der Aschengehalt mit zunehmendem Zersetzungsgrad. Die mineralische Substanz scheint bei diesem Prozeß etwas angereichert zu werden, d. h. er ist nicht in den gleichzeitigen Oxydations- und Reduktionsprozeß, dem der Xylit im Moor unterliegt, eingeschaltet. Eine Ausnahme bildet der „Quell", welcher offenbar wegen seiner ursprünglichen Sperrigkeit einer intensiveren Auslaugung unterlegen war.

Schwelkohle.

Die zweite Art der Moorkohle unterscheidet sich durch ihre deutlich hellere Grundmasse. Der ganz frische Anschliff hat infolge einer Unmenge feinster spaltenförmiger Hohlräume zu Beginn der Beobachtung unter Öl eine goldgelbe, an manche Xylite erinnernde Farbe, welche aber, sowie das Öl in die Spalten eindringt, einer senfbraunen Farbe weicht. Die Hauptbestandteile der hellen Moorkohle sind wohl dieselben wie die der dunklen; die aus zwölf Integrationen bestimmte mittlere Zusammensetzung weicht aber in charakteristischer Weise ab. Es wurden

80·63 Vol.-% Grundmasse,
7·11 Vol.-% Xylit,
10·33 Vol.-% Harz und Pollen
1·92 Vol.-% Fusit

ermittelt. Die auffälligste Verschiebung trat also bei den Harzen und Pollen ein. Die helle Moorkohle erscheint tatsächlich stellenweise von dichten Schwärmen solcher Bitumenkörper erfüllt. Auf eine weitere Beschreibung der Harzkörnchen und der sonstigen Bitumina braucht hier nicht eingegangen zu werden, sie findet sich in der Arbeit W. Siegl's „Über Retinite, Bitumenharze etc.". Ein charakteristischer zusätzlicher Bestandteil der hellen Moorkohle sind die gelben Retinitkörnchen, welche als ganze oder nur in eckigen Bruchstücken in der Grundmasse schwimmen. Sie machen sich durch ihre starke Fluoreszenz unter der UV.-Lampe sowie im Blaulicht bemerkbar. Ihr Auftreten in gewissen Schichten

in der hellen Moorkohle ist für die Erklärung der Bildung dieser von Bedeutung.

Der Xylit in der Grundmasse tritt deutlich zurück, manche Schichten dieser Kohle sind fast frei von gröberen Xyliten. An den wenigen etwas xylitreicheren Stellen ist eine eigenartige wirre Lagerung dieser sowie eine an Wurzeln oder Ästchen erinnernde Krümmung zu beobachten. Die Xylite sind leicht von der Grundmasse, von der sie sich hier scharf abheben, zu unterscheiden.

Der Fusitgehalt ist wieder gering, ein Teil des Fusites liegt wieder in feinsten, nicht meßbaren Splitterchen in der Grundmasse.

Eine für die Grundmasse der hellen Moorkohle charakteristische Immediatanalyse ist folgende:

Rohkohle	37·36%	Wasser,
	30·44%	flücht. Bestt.,
	16·28%	fix. C,
	15·92%	Asche
Reinkohle	65·15%	flücht. Bestt.,
	34·85%	fix. C.

Der Wassergehalt ist wieder fast gleich mit dem der dunklen Moorkohle sowie mit dem der Xylite und ist somit bloß eine für das ganze Flöz charakteristische Zahl. Der Aschengehalt ist ebenfalls wenig verschieden. Die Erhöhung der Zahl für die flüchtigen Bestandteile ist nur zum Teil auf die Harzkörnchen zurückzuführen. Die chemische Zusammensetzung der Grundmasse selbst ist reicher an bituminösen, nicht geformten Substanzen, welche im Blaulicht als gelb- bis orangeleuchtende Partikelchen zu erkennen sind. An dieser Stelle sollen auch die Ergebnisse der Schwelanalysen und Extraktionsversuche mit der hellen und dunklen Moorkohle angegeben werden.

Die Schwelanalysen geben die nach den Immediatanalysen zu erwartenden Resultate. Es wird der Schwelkohlencharakter der hellen Moorkohle nun offensichtlich, es liegt also eine Kohle mit einem schwankenden Gehalt einer pyropissitischen Substanz vor. Es ist überdies anzunehmen, daß die helle Moorkohle in der Inkohlung noch nicht so weit fortgeschritten ist und auch aus diesem Grunde bei der Verschwelung mehr flüchtige Substanzen bildet. Die Extraktionsversuche geben bei der hellen Kohle wider Erwarten niedrige Werte. Es mag daran liegen, daß die Kügelchen nur zum Teil Harz, zum Teil aber Pollen oder Sporen sind und darum nur sehr wenig in Lösung gehen. Ein Extraktionsversuch

	Schwelanalyse der	
	hellen	dunklen
	Moorkohle	
Gas in Liter/kgr. lufttr. Kohle	111·25	125·00
Koks bei 500°	46·25%	52·85%
Teer.....	29·87%	21·35%
Gesamtwasser ...	9·15%	9·80%
	Extraktionsversuch mit Benzol-Alkohol-Gemisch der	
	hellen	dunklen
	Moorkohle	
	10·06%	4·4 %

an einem Dünnschliff einer hellen Kohle ließ jedenfalls keine Auflösungserscheinungen an den Kügelchen erkennen.

Je nach ihrem Bitumengehalt fluoresziert die helle Kohle verschieden stark. Die Fluoreszenz dieser Kohlen ist ein sehr angenehmes Hilfsmittel, um sie im Flöz bzw. Anschliff zu erkennen. Es leuchten nicht die eingeschlossenen Harzkörnchen, sondern die in der Grundmasse gleichmäßig verteilten Bitumenteilchen pyropissitischer Natur sowie die in ganz geringer Menge eingeschlossenen Retinite.

Flözdarstellung.

Auf die Frage, ob eine gewisse Regelmäßigkeit in der Ablagerung der einzelnen Schichten, d. h. ob eine gewisse Paragenese der einzelnen Komponenten existiert, soll die Betrachtung der Flözdarstellung Antwort geben (Tafel ..).

Die gleichmäßig regellose Verteilung der wenigstens millimeterstarken aushaltbaren Xylite ist leicht zu erkennen. Es wechseln dicke Stämme mit dünnen brettähnlichen Xyliten ab, ebenso wie hellfluoreszierende neben fast nichtleuchtenden liegen können. Als einzige brauchbare Zahl, welche vermutlich für einen größeren Bereich im Flöz Gültigkeit zu haben scheint, ist die für den aus der Zeichnung ermittelten Gehalt an Xylit; er beträgt fast genau 20%. Das ist natürlich nicht der Gesamtxylitgehalt des Flözes, da noch der der dunklen und hellen Moorkohle hinzuzurechnen wäre, das ergäbe dann etwa 34% Xylit. Aus zwei Gründen ist aber dieses Plus von 14% nicht in Rechnung zu

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

stellen, da er doch erstens nicht ausgehalten werden kann und zweitens als normaler Bestandteil der dunklen Moorkohle angesehen werden kann.

Die herrschende Komponente ist die dunkle Moorkohle. 50% des Flözes bestehen aus reiner dunkler Kohle. Ein guter Teil der kohligen Substanz der bergereichen Kohle sowie der „reinen" Berge entspricht der dunklen Moorkohle.

Die Berge und bergereichen Kohlen finden sich vorwiegend im liegenden Teil des Profiles. Je höher man sie im Hangenden antrifft, um so häufiger treten sie an der Basis der Lagen der hellen Moorkohle auf, in welche sie allmählich übergehen. Etwa 10% Berge finden sich im Flöz. Der Anteil der hellen Moorkohle im Flöz beläuft sich auf etwa 16%.

In im Liegenden weiteren, im Hangenden engeren Abständen finden sich nun im Flöz, im Mittel etwa 4 *cm* dicke Lagen der hellen Moorkohle. Da ihre Mächtigkeit selbst nur gering ist, so wirkt sich ihre Armut an Xyliten in der Verteilung letzterer nicht aus. Ihr Gehalt an feinen Xyliten beträgt 7%, der an gröberen wird im Durchschnitt nicht wesentlich verschieden sein.

Eine an sich sehr kleine Menge Fusit scheint in den Moorkohlen gleichmäßig verteilt zu sein. Größere Fusite finden sich jedoch in Verbindung mit den Bergen und zum Teil auch noch mit der hellen Moorkohle. Der Anteil des Fusites im Flöz beträgt mindestens 2%, beachtet man aber die schlechte Meßbarkeit und rechnet man die makroskopisch sichtbaren Fusite hinzu, so wird ein Gehalt von 3·5% angemessen erscheinen.

Somit wären die Anteile der einzelnen Hauptbestandteile des Flözes und eine Andeutung einer gewissen Regelmäßigkeit in der Bildung der einzelnen Lagen gegeben. Eine Kontrolle der Makroausmessung des Profiles sowie der Immediatanalysen gibt folgende Zusammenstellung:

Im Flöz sind	im Durchschnitt		Daraus ergibt sich für den Flöz
20·2% Xylit	60% fl. Best.	40% fix. C	55% fl. Best.
50·2% dunkle Moorkohle ..	50% fl. Best.	50% fix. C	45% fix. C
16 % helle Moorkohle	65% fl. Best.	35% fix. C	
10 % Berge			
zirka 3·5% Fusit			

Diese bloß überschlagsmäßig berechneten Zahlen sind mit der Immediatanalyse des Durchschnittes des Profiles recht gut in Einklang zu bringen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Analyse lautet:

31·24% Wasser	auf Reinkohle umgerechnet:
32·13% flücht. Bestt.	55·69% flücht. Bestt.
25·56% fix. C	44·31% fix. C.
11·07% Asche	

Aus der Ausmessung eines Profiles mag es gewagt erscheinen, eine Regel in der Bildungsfolge der einzelnen Schichten ablesen zu wollen. Doch da in diesem einen Flöz der Zyklus:

dunkle Moorkohle,
helle Moorkohle = Schwelkohle,
Berge oder bergereiche Kohle mit Fusit,
dunkle Moorkohle

einige Male zu beobachten ist, so scheint hier tatsächlich eine Gesetzmäßigkeit zu herrschen, auf die nun näher eingegangen werden soll. An drei Stellen im Profil ist diese Schichtenfolge in vollständiger Ausbildung entwickelt, und zwar von Schliff 26—30, von Schliff 45—48 (hier besonders deutlich), von Schliff 72—76; und schließlich andeutungsweise in Schliff 78.

Die untere Hälfte des Schliffes 45 besteht noch aus dunkler, nicht leuchtender Moorkohle, die Mitte des Schliffes wird von einem größeren Fusit eingenommen, welcher bereits auf einer dünnen sandigen Unterlage liegt. Der obere Teil dieses Schliffes sowie fast der ganze Schliff 46 wird noch aus „reinen" Bergen gebildet, welche dann (Schliff 47 und unteres Drittel von Schliff 48) von einer sehr stark fluoreszierenden hellen Moorkohle überlagert werden. Im Schliff 48 nimmt die Stärke der Fluoreszenz gleichmäßig ab, die Grundmasse wird immer dunkler, im oberen Teil dieses Schliffes wird die helle Kohle von einer dunklen Moorkohle abgelöst. Feinverteilter Fusit sowie zusätzliche Bestandteile findet man immer wieder in bestimmten Gliedern dieser Schichtfolge. So trifft man stets den Fusit in den Bergen, er nimmt erst in der hellen Moorkohle ab. Retinite beginnen in den obersten Lagen der Berge, aber hauptsächlich sind sie in den unteren Teilen der hellen Kohle zu finden. Harzkügelchen treten schon mit den Retiniten auf, erreichen, wenn sie vorhanden sind, ihre größte Häufigkeit aber erst in den obersten Lagen der hellen Kohle.

Daß die oben dargestellte Folge von Ablagerungen tatsächlich bis in allen Einzelheiten nicht ein Einzelfall ist, sehen wir an den Schliffen 26—30; wieder sind die Berge reich an Fusit, die Harzkügelchen sind am zahlreichsten im oberen Teil der hellen

Moorkohle, welche anderseits auf den Bergen liegt und von einer braunen Moorkohle abgelöst wird. Ganz ähnlich ist das Bild von Schliff 72—76. Retinite treten schon an der Basis der Berge auf, die helle Moorkohle ist nur schwach entwickelt, führt aber Harze, Retinite, etwas Fusit und zeigt einen kleinen Höhepunkt der Fluoreszenz. Im kleinen wiederholt sich die Abfolge in 77 und 78, fusitische und vermutlich auch bergereiche Kohle wird von einer ganz schwachen Schicht heller Moorkohle überlagert.

Weitere Untersuchungen in der Grube könnten zeigen, ob diese Regelmäßigkeit auch an anderen Stellen des Flözes zu beobachten ist.

Nicht in allen Fällen treten alle Glieder der Schichtfolge auf. So ist in Schliff 16—17 nur die helle Moorkohle entwickelt, doch wieder mit den charakteristischen zusätzlichen Bestandteilen wie Harzkügelchen, Retinite und Fusit. Schliff 51—53 bietet ein ähnliches Bild, die Harze sind wieder im oberen Teil angereichert. (In 16—17 und 51—53 folgt merkwürdigerweise eine dünne Schicht Berge, zum Teil mit viel Harz [54 unterste Lage].) 57—59 scheint eine Verdoppelung der Schicht der hellen Moorkohle zu sein, es werden zwei Maxima der Fluoreszenz beobachtet, ebenso wie zwei harzreiche Lagen; Retinite und Fusit, ausnahmsweise in größeren Stücken, sind in ihr enthalten.

Endlich ist es möglich, daß die Schichtfolge schon mit der Ablagerung der Berge ihr vorzeitiges Ende gefunden haben könnte. Unter anderem sind die Schliffe 23—25 hiefür typisch. Die schon sandige Kohle geht nach oben in Berge über, parallel damit nimmt der Fusitgehalt zu; ein geringer Harzgehalt sowie eine Zunahme der Fluoreszenz sind zu beobachten.

Zusammenfassung der Ergebnisse und Schwelkohlenbildung.

Während die Untersuchungen noch vor der Einberufung des Verfassers (März 1941) abgeschlossen werden konnten, blieb die Auswertung der Ergebnisse in der Disposition stecken. Erst nach Zusendung des Manuskriptes konnte nach Durchsicht dieses das abschließende Kapitel im Frühjahr 1942 fertiggestellt werden. Für die Zusendung der wenigen zur Verfügung stehenden Literatur sei dem für den im Felde stehenden Fachkollegen unter Leitung Dr. Paula Schneiderhöhns eingerichteten Zeitschriftendienst besonders gedankt.

Mit dem Versuch der Erklärung der Entstehung der Schwelkohlen gelangt man, wie so oft in der Lagerstättenkunde, auf ein schon oftmals geackertes Feld. Die ersten Untersuchungen liegen mehrere Jahrzehnte zurück. Seither wurde eine Anzahl verschiedener Ansichten über die Entstehung der Schwelkohlen ge-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

äußert; in Gothan: „Die Lagerstätten" I. Kohle 1937, findet sich eine Auslese der Erklärungen. Die Schwelkohle des Hausrucks gehört zu den eingelagerten pyropissitischen Braunkohlen, nicht zu den Pyropissiten, wie sie im Hangenden der Flöze gefunden wurden. Es ist nicht beabsichtigt, den Zusammenhängen mit diesen nachzugehen. Vorläufig muß die Annahme, daß die Schwelkohlenbänke flachlinsenförmig im Flöz auftreten, genügen. Ihre tatsächliche Form, ihre Lage zum Flöz als Ganzes sowie die Änderungen der Zusammensetzung im Schwelkohlenflöz selbst festzustellen, wäre eine erwünschte Arbeit zur endgültigen Klärung der damit verbundenen Fragen.

Der genetische Zusammenhang der Schwelkohle mit dem Pyropissit ist gegeben. Viele Proben zeigen den Übergang von Schwelkohle zu Pyropissit. Aus den Analysen F. Schwarz' geht hervor, daß dieser Pyropissit zur Gruppe der retinitischen, also harzreichen Pyropissite gehört.

Der mechanische Vorgang bei der Ablagerung der Schwelkohle einschließlich des Pyropissites liegt klar auf der Hand. Humusstoffe, Bitumenharze und Wachse, Harzkügelchen, Retinite, etwas Fusit und ein nicht unbeträchtlicher Gehalt toniger Mineralsubstanz werden in bewegtem Wasser mit feinem Sand, ihrer Dichte und ihren physikalischen Eigenschaften entsprechend, auf der normalen, offenbar schon ziemlich weitgehend veränderten und wohl auch bereits kompakten Moorsubstanz abgelagert.

Es ist eine wesentliche Eigenschaft der Schwelkohlenbänke, daß sie auf einer mehr oder weniger mächtigen humosen Sandschicht liegen. Damit harmoniert die Meinung K. v. Fritsch's und H. Potonié's, die Schwelkohlen seien durch sekundäre Allochthonie, also Aufschwemmung der oberen Schichten des Moores entstanden, wobei durch Oxydation eine weitgehende Entfernung der Humussubstanz und damit eine Anreicherung der schwerer oxydierbaren, meist bituminösen Substanzen aus dem Moor, also der späteren dunklen Moorkohle bewirkt worden wäre. Abgesehen davon, daß in der Moorkohle der Sand fehlt, finden sich in ihr auch nicht die für die Schwelkohle charakteristischen Retinite. Harzkügelchen sind in der Moorkohle viel seltener als in der Schwelkohle. Endlich ist ein Unterschied zwischen der direkt unter den Sanden liegenden Moorkohle und sonst im Flöz auftretenden Moorkohle nicht zu beobachten. Das bewegte Wasser hat aber sicherlich die obersten, vielleicht noch lockeren Humuslagen, vorwiegend also Humusgelee aufgeschwemmt, welche dann mit den allochthonen Sanden und Bitumina wieder abgesetzt wurden. Sie finden sich vorwiegend in den Sanden und

bilden immer noch einen wesentlichen Anteil der Schwelkohle. Nach oben hin nimmt dieser Anteil ab, um schließlich im Pyropissit zu verschwinden. Eine Aufschwemmung und im geringen Grade eine Oxydation findet also bei der Schwelkohlenbildung statt, die Schwelkohlen sind aber kein Aufbereitungsprodukt der Moorsubstanz. Der Entstehungsort der Bitumina ist wegen ihres Zusammenvorkommens mit Sand und Fusit (zum Teil) nicht im eigentlichen Moor zu suchen.

Gothan u. a. dachten bei ihrer Erklärung der Schwelkohlen an ein Schwanken des Grundwasserstandes. Bei Tiefstand würden die oberen Lagen austrocknen, wobei die Humussubstanzen zerstört und die Bitumina zurückblieben. Trockenlagen spielen nach Ansicht der Verfasser eine wesentliche Rolle bei der Bitumenanreicherung. Wie verhält sich nun ein Austrocknen zu der Ablagerungsfolge der Schwelkohle? Nach dem Austrocknen, also Bitumenanreicherung (nicht aus der Kohle ausgewittert, sondern neu gebildet), müßte es regelmäßig zu einer Eintriftung von Sand und Aufschwemmung der gesamten Bitumenschicht gekommen sein. Sande finden sich wohl an der Basis des Flözes, sonst aber in der Regel nicht in der dunklen Moorkohle. Eine Zufuhr von Sand aus den Randgebieten des Flözes müßte dann aber jederzeit möglich gewesen sein; bitumenfreie Sandlagen müßten bisweilen auch in der dunklen Moorkohle zu beobachten sein, dies ist aber nicht der Fall. Es ist nach den oben angeführten Gründen anzunehmen, daß ein beträchtlicher Teil der Bitumina aus den mehr oder weniger trockenen Randgebieten des Flözes stammen. Das Ergebnis der Untersuchungen Raeflers weist auch in diese Richtung. Allerdings dachte Raefler an eine Zonierung der Pflanzendecke, welche noch zum Moor gerechnet werden muß. Ohne zwingende pflanzenökologische Gründe dagegen anführen zu können, scheint diese Ansicht wenig für sich zu haben. Auf die randliche Verteilung der Schwelkohlenschichten wird später noch zurückgekommen werden. Eine weitere auffallende Eigenschaft der Schwelkohlenschichten ist ihr erhöhter Fusitgehalt. Es ist wieder typischer Brandfusit. Die Menge des Fusites nimmt in den Schwelkohlenschichten im allgemeinen von unten nach oben ab. Der Fusit ist nach dem Sand der spezifisch schwerste Bestandteil der Bitumenkohle, er scheint sich aber wegen seiner großen Oberfläche und seiner Schwerbenetzbarkeit bisweilen erst spät abzusetzen. Die feinen Fusitsplitter sind als Zerreibsel zu betrachten; im bewegten Wasser wird Fusit wohl sehr bald zerrieben werden.

Daß der Fusit im Sand, in der dunklen und in der hellen Moorkohle vorkommt, daß er aber der „Hans Dampf in allen

Gassen" unter den Kohlen ist, findet unschwer eine Erklärung. Nach seiner Bildung, die offenbar häufig stattfinden kann, ist anzunehmen, daß er sich schwimmend und vom Winde vertragen über weitere Teile des Moores verbreiten kann. Früher oder später wird er doch „schwerer" oder wird mit anderen Substanzen „beschwert" und so zum Absinken gebracht. Tritt irgendeine Strömung auf, so wird er gleich den anderen schwimmenden oder schwebenden Substanzen mit fortgeführt und schließlich sedimentiert.

Aus der Sedimentationsfolge in den Schwelkohlenflözen konnte bisher geschlossen werden, daß man es mit einer in gewissem Sinne allochthonen Bildung zu tun hat, bei der Waldbrand und strömendes Wasser von Bedeutung sind. Damit ist noch kein Wort über die Bildung der Bitumina gesagt. Sichtbare Bitumina in der Schwelkohle vom Hausruck sind die Harzkügelchen und die bernsteinähnlichen, gelben, in scharfkantigen Stücken an der Basis der eigentlichen Schwelkohle, also über dem Sand liegenden Retinite, Pollen und Sporen. Der Hauptteil des löslichen Bitumens in der Grundmasse der Schwelkohle ist sicherlich pyropissitischer Natur. Eine allerdings relativ flüchtige mikroskopische Untersuchung des Pyropissites vom Hausruck läßt recht wenig an geformten Elementen erkennen und stimmt darin mit der Schwelkohlengrundmasse überein. Neben der Hauptmenge gelber Teilchen finden sich als einzige geformte Partikel gelbe rundliche Stäbchen, welche auch im veränderten, also fast vollständig geschmolzenen Zustand (Harzlagen duxitähnlicher Natur in böhmischen Braunkohlen, siehe Siegl: „Über Retinite, Bitumenharze etc.") noch andeutungsweise erhalten blieben, während die Hauptmasse zu einer kolophoniumartigen Masse geschmolzen wurde. Harzkügelchen finden sich selten im Pyropissit, Retinite konnten bis jetzt darin nicht beobachtet werden. Es scheinen hier zwei voneinander abweichende Prozesse vorzuliegen, der eine führte zur Bildung von Pyropissit (Grundmasse der Schwelkohle), der andere mag die Entstehung der Retinite und Harzkügelchen bewirkt haben. Zu ersterem kann hier nicht Stellung genommen werden, zu letzterem lassen sich aus der Menge der gelegentlich der Untersuchung der Hausruckkohle gemachten Beobachtungen[1] wenigstens einige Anhaltspunkte finden. Hiezu

[1] Die Kälte des Winters 1942 im Osten brachte es mit sich, daß sich jedermann um das meist von weither geholte Holz kümmern mußte. Es handelte sich vorwiegend um Erlen- und Eichenholz von einem sehr feuchten bis moorigen Standort. Gelegentlich dieser „Holzarbeit" fiel dem Verfasser der hohe Gehalt an Harzteilchen in der Erlen-, besonders aber in der Eichenrinde auf. Über die natürlich sehr primitiven Versuche, die mit den Rinden gemacht werden konnten, wird im folgenden berichtet.

muß auf die Xylite zurückgekommen werden. Die Xylite sind vorwiegend harzarm. Die Harzpfropfen im Holzgewebe sind, wie aus Dünnschnitten ersichtlich, kleiner als die Harzkügelchen der Schwelkohle und haben auch nicht die kugelige Gestalt. Eine Herauslösung der Harzkörnchen aus dem Holzgewebe ist entgegen der früheren Ansicht des Verfassers nicht anzunehmen, da die Zersetzung der Xylite in keinem Fall mit einem Zellzerfall, sondern mit einer Homogenisierung der Masse einhergeht, wobei die Harzpfropfen eingeschlossen bleiben.

Schon früher ist dem Verfasser das Fehlen von Rindengewebe in der Kohle aufgefallen. Die in der Fußnote bemerkten Beobachtungen an Erlen- und Eichenrinde machen es wahrscheinlich, daß hier wenigstens zum Teil die Herkunft der Harzkörner zu suchen ist. Die Querschnitte der frischen Rinden zeigen zahlreiche helle, noch relativ weiche Harzeinschlüsse. Erhitzt man ein Stück Rinde bis zur randlichen Verkohlung, so läßt sich daraus bereits ein Queranschliff herstellen. Hiebei zeigt sich, daß nun die Harzeinschlüsse ein deutliches Relief bilden, sie sind also härter und dabei auch dunkler und damit den Harzkörnern der Schwelkohle ähnlich geworden. Es ist ferner bemerkenswert, daß die trockene Rinde und besonders der fusitische Teil sehr mürbe und zerreiblich ist, die Harzkörnchen können also relativ leicht frei werden. Die harzreichen Gewebefetzen, die bisweilen in der Sonderkohle, aber auch in den Bitumenkohlen der böhmischen Braunkohlen angetroffen werden, können durchaus als verharzte Rindengewebe angesehen werden. Es ist anzunehmen, daß das Rindengewebe der Koniferen ebenfalls Harze einschließt.

Für die Retinite ist eine ähnliche Entstehung anzunehmen. Es handelt sich vermutlich um durch Wärmeeinwirkung fest bis spröde und damit auch erhaltungsfähig gewordene Harzausflüsse.

Neben der Fusitbildung würde also auch die Harzbildung für Waldbrand sprechen. Damit kommt der Verfasser zu einer Auffassung, die der Dolch's, welcher seinerzeit die Hausruckkohle untersuchte, nahekommt. Wie verhält sich der Xylit, welcher in vier bis fünf Arten im Flöz auftritt, zum Waldbrand? Es gibt Xylite, welche den Übergang zu Fusit deutlich zeigen, hieher gehört die „Bretterkohle". Bei den runden Stämmen sowie den dunklen Xyliten ist das nicht der Fall. Bei letzteren hat eine weitgehende Zersetzung, also völlige Entfernung der Zellulose bis zum Undeutlichwerden der Strukturen stattgefunden. Die Deformation ist eine innere, verteilt sich gleichmäßig auf Früh- und Spätholz und hängt mit der Entwässerung des Moores, welche mit der Bildung der Braunkohle parallel geht, zusammen.

Anders liegt der Fall bei der Bretterkohle. Im Spätholz dieser ist Zellulose noch reichlich vorhanden, die Zellreihen finden sich noch in der ursprünglichen Lage, bisweilen haben die zellulosehaltigen Zellen noch ihre Lumen. Das zartere Frühholz ist allerdings umgekippt, wobei es offenbar auch zu einer Art Plättung, also zur Bildung der bretterförmigen Stücke gekommen sein dürfte. Wieso ist gerade diese Xylitart chemisch und physikalisch widerstandsfähiger, da es sich doch in beiden Fällen um die gleiche Holzart handelt? Beide Arten waren doch im Moor den gleichen Bedingungen ausgesetzt. Es kommt offenbar nur eine Einwirkung in Frage, welche schon vor der Einbettung in das Moor das Holz gegen die chemische Zersetzung resistenter gemacht hat. Die Bretterkohlen selbst zeigen noch die Spuren, es ist der Fusit und damit die Wärmeeinwirkung, ähnlich wie bei den Harzen. Anders liegt die Sache bei den runden Stämmen und dunklen, zellulosefreien Xyliten; hierbei ist ein Übergang zu Fusit nicht beobachtet worden, offenbar wurden diese Hölzer im frischen Zustand eingebettet. Der Verfasser möchte hiefür Windbruch ebenso wie Waldbrand als durchaus aktuelle Vorgänge verantwortlich machen. Stürme und Überschwemmungen werden es gewesen sein, welche die auf vorübergehend trockenen, vermutlich meist randlichen Teilen des Flözes sich ansammelnden Bitumina mit den Sanden in das Moor trifteten. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die „Trockenlagen" Gothans verwiesen; die hierbei intensive Oxydation mag wesentlich zur Bitumenanreicherung beigetragen haben.

Einer späteren Untersuchung wird es vorbehalten bleiben, ob die Zonierung der Pflanzendecke, die Raefler vertritt, nicht doch auf eine Eintriftung vom Rand des Beckens zurückzuführen ist. Es fällt bei der Betrachtung seiner Karte über die Verbreitung der Schwelkohle im Zeitz-Weißenfelser Revier auf, daß gerade die westlichen Ränder sowie einige kleinere Teilbecken die schwelkohlereichsten sind. Dies würde auf eine vermutlich auch damals herrschende westliche Einzugsrichtung der Stürme und Unwetter schließen lassen.

Wenn am Schlusse da und dort über die Beobachtungsgrundlage hinausgegangen wurde, so geschah das mit Absicht, da es nicht ausgeschlossen ist, daß die Untersuchungen vom Verfasser nicht oder nicht so bald fortgesetzt werden können.

Mirgorod, 15. Juni 1942.

Paläobotanische Untersuchungen an Braunkohlen von Ampflwang.

Von **Elise Hofmann**, Universität Wien.

Die Kohle von Ampflwang im Gebiete des Hausrucks in Oberdonau wird zumeist als eine dem unbewaffneten Auge völlig homogen erscheinende Moorkohle, aber auch als xylitische Kohle, die noch die ursprüngliche Holzstruktur des einstigen Kohlenbildners dem freien Auge deutlich erkennen läßt, abgebaut.

Die Xylite, früher als Lignite bezeichnet, ermöglichen nach entsprechender Vorbehandlung die Anfertigung von Mikrotomschnitten, an denen sich der Gewebsbau des einstigen Holzes in mehr oder weniger gutem Erhaltungszustand verfolgen läßt und so eine eindeutige Diagnose des Kohlenbildners ermöglicht.

Die Xylite erscheinen schon rein äußerlich durch den Gesteinsdruck der überlagernden Massen brettartig verpreßt, was besonders deutlich in den Querschnitten von solchen Stücken zum Ausdruck kommt.

Fig. 8 zeigt den Mikrotomquerschnitt einer solchen xylitischen Kohle mit einem wohl infolge geringer Pressung regelmäßigen Verlauf der Jahresringe. Wir erkennen in diesem Präparat in bester Erhaltung die überaus englumigen, zumeist rechteckig erscheinenden Zellen des Winterholzes, die mit ihren stark verdickten Zellwänden den Verlauf der Jahresringe besonders scharf markieren. Diese Zellen sind infolge ihrer Festigkeit, hervorgerufen durch ihre Dickwandigkeit, dem Gesteinsdruck nicht erlegen, ein Bild, das sich in den Schnitten der Ampflwanger Kohle häufig finden läßt. Die Jahresringzone des Herbstholzes ist bei dieser Probe sehr schmal, meist nur eine Zelle, höchstens zwei Zellen breit. Vom Sommerholz des Jahresringes sind die einzelnen Zellelemente der quergetroffenen Tracheiden nicht mehr zu erkennen, weil sie infolge ihrer Dünnwandigkeit und daher geringen Widerstandes gegenüber dem Gesteinsdruck gleichsam in sich zusammengesunken, in den Schnitten als einheitlich bräunliche Masse erscheinen, in die reichlich Harzkörper, im Bilde als dunkle Flecke erkennbar, eingebettet sind. In der Fig. 8 zeigen die Jahresringe normalen, d. h. ungestörten Verlauf.

Aus Fig. 8 läßt sich aus dem Zellenbau nur noch erkennen, daß eine Konifere, ein Nadelholz vorliegt.

Ein Querschnittsbild höchst einprägsamer Form und in den Xyliten des Ampflwanger Gebietes sehr häufig vorkommend, ist in Fig. 11 wiedergegeben. Wir sehen da bei drei im Bilde erscheinenden stark verpreßten Jahresringen eine ziemlich breite Zone dickwandiger Zellen des Herbstholzes.

Diese Herbstholzzone, 10 bis 15 Zellen breit, läßt an einzelnen Zellelementen noch stellenweise sehr deutlich die starke Zellwand und das schmale Lumen erkennen. Auch der Verlauf der Markstrahlen ist gut zu verfolgen und zeigt deutlich den Grad der Deformation des weniger widerstandsfähigen Sommerholzes. Bei genauer Betrachtung der Markstrahlen, die im Bilde als sehr schmale dunkle Streifen im Herbstholz und als sehr feine Linien im Sommerholz erscheinen, ergibt sich, daß die Markstrahlen, die sonst Herbst- und Sommerholz in einer Richtung geradlinig durchqueren, in vorliegendem Falle bei ihrem Austritt aus dem Herbstholz mehr weniger stumpfwinkelig abgebogen werden und, dicht aneinandergepreßt, das Sommerholz durchziehen, das von seinen Zellelementen nichts mehr in scharfer Umgrenzung zeigt, sondern in sich zusammengesunken ist. Aus der Fig. 11 ist auch noch sehr deutlich zu ersehen, wie die Markstrahlen in dem gut erhaltenen Herbstholz die normale Entfernung voneinander aufweisen und den normalen Verlauf zeigen.

Querschnittsflächen großer Fundstücke solcher Xylite, sogenannte „Schwartlinge", bieten bei schwächster Vergrößerung im auffallenden Licht diesen charakteristischen Wellenverlauf der Markstrahlen, fast normaler Breite im Herbstholz und zusammengepreßt im Sommerholz. Bei manchen Xyliten entsteht dadurch oft eine ganz bizarre Linienführung als das Ergebnis des Druckes lastender Gesteine.

Außer den Markstrahlen sind noch dunkle Einschlüsse sowohl im Sommerholz als auch im Herbstholz zu sehen. Es sind dies die Harzeinschlüsse, denen die Koniferenhölzer durch so lange Zeiträume ihre Konservierung in der Kohle verdanken. Da die Harzzellen im Herbstholz zonenförmig gereiht und im Sommerholz gleichmäßig zerstreut sind, dürfte es sich bei dieser Probe um eine fossile Form von *Taxodium distichum*, demnach um ein *Taxodioxylon taxodii* handeln, das auch in anderen Proben von Ampflwang mikroskopisch von mir festgestellt wurde.

In den mikroskopischen Radialschnitten durch die xylitische Kohle von Ampflwang ist nur mehr sehr selten der Markstrahlbau in seinem Zellgefüge erkennbar. Fig. 19 zeigt einen 6 Zellen hohen Markstrahl mit Tüpfeln. Von den Markstrahlenzellen sind die Längswände deutlich verdickt, die Querwände nicht mehr sicht-

bar. Die Längswand der obersten und untersten Markstrahlzelle ist unverdickt. In den Kreuzungsfeldern sind meist 2 bis 3 Markstrahltüpfel zu sehen, manchmal auch 4 oder 5. Bei den im Kreuzungsfeld meist horizontal gereihten Tüpfeln sind Anzeichen einer Deformation vom rundlichen zum ovalen Umriß zu erkennen sowie feine Risse in der Zellwand, welche die Tüpfel zu verbinden scheinen.

Stellenweise ist auch noch der einstige skulpturierte Rand des Tüpfels angedeutet. Dieses Markstrahlbild weist schon durch Form, Zahl und Reihung der Markstrahltüpfel auf *Taxodioxylon taxodii* hin, was nun auch eindeutig durch Tangentialschnitte der gleichen Probe bewiesen wird. Ein solcher Tangentialschnitt ist in Fig. 20 ersichtlich, welche in der Mitte eine Holzparenchymzelle mit den beiden Querwänden wiedergibt. Die obere Querwand läßt nun die für *Taxodium distichum* so charakteristischen perlschnurartigen Verdickungen erkennen, wie solche in der gleichen Probe an zahlreichen Stellen des Präparates festgestellt werden konnten. Die Tangentialschnitte zeigen durchwegs einreihige Markstrahlen von 2 bis 20 Zellen Höhe. Auch sind Tangentialtüpfel an den Längstracheiden stellenweise sichtbar.

Nach den eben angeführten Merkmalen in Quer-, Radial- und Tangentialschnitten der xylitischen Kohle von Ampflwang handelt es sich bei einigen wenigen Stücken um *Taxodioxylon taxodii*, eine fossile Form der heute in den atlantischen Staaten Nordamerikas die Cypress-Swanps bildenden Art *Taxodium distichum*, welche auch sonst in den mitteleuropäischen Braunkohlenlagern als wichtiger Kohlenbildner bekannt ist.

In weitaus größerer Masse ist der andere Braunkohlenbildner in den Proben vorhanden, nämlich *Taxodioxylon sequoianum*, dessen heute lebende Art *Sequoia sempervirens* in den Coast-ranges Kaliforniens zu finden ist.

Die Querschnitte solcher Proben von *Taxodioxylon sequoianum* sind zumeist sehr gut in ihrem Gewebsbau erhalten, zeigen teils ungestörten Jahresringverlauf, teils wellenartig verpreßten, wie oben bereits besprochen wurde. Es gibt unter den Ampflwanger Xyliten von *Taxodioxylon sequoianum* Stücke mit breiten Jahresringen und ausgesprochen schmalringige, d. h. das Sommerholz bildet eine breitere oder schmälere Zone, was vielleicht mit jahreszeitlichen oder klimatischen Schwankungen in Zusammenhang zu bringen ist.

Wie bei *Taxodioxylon taxodii* ist auch bei *Taxodioxylon sequoianum* nur mehr das Herbstholz in seinen Zellenelementen zu erkennen, während das Sommerholz in sich zusammengesunken erscheint, weshalb auch die bekannten Wundharztaschen in den

ersten Lagen des Sommerholzes nicht mehr festgestellt werden konnten. Die Bestimmung war nur auf Grund des Radial- und Tangentialschnittes möglich. Die Markstrahlen der Radialschnitte zeigen auch bei diesen Proben selten die Einzelheiten des Zellenbaues, wie Beschaffenheit der Zellwände und Tüpfelung der Kreuzungsfelder. Doch ist das wichtigste Merkmal, die glatte Querwand der Holzparenchymzelle in allen Präparaten deutlich zu verfolgen. Harzzellen in den Markstrahlen, Harzeinschlüsse im Holzparenchym sind bei *Taxodioxylon sequoianum* besonders reichlich vorhanden und für diese Art charakteristisch. Die Markstrahlen sind im Tangentialschnitt einreihig, einzelne von ihnen schließen an einem oder an beiden Enden mit zwei seitlich nebeneinander gelagerten Markstrahlzellen ab. Durch die Deformation der Xylite sind meist Radial- und Tangentialschnittansicht in einem und demselben Präparat nebeneinander zu finden.

In meiner Arbeit „Paläobotanische Untersuchungen über das Kohlenvorkommen im Hausruck" habe ich die Ergebnisse meiner Untersuchung über die Ampflwanger Kohle niedergelegt. So konnte ich in dem Ober-, Mittel- und Unterflöz der Grube Überacker *Taxodioxylon sequoianum* neben *Taxodioxylon taxodii* feststellen, wobei *Taxodioxylon sequoianum* in überwiegender Menge vorhanden war, in der Grube Schmitzberg und Imhoffeld jedoch von den beiden Arten nur *Taxodioxylon sequoianum*. Somit ist schon auf Grund meiner damaligen Arbeit *Taxodioxylon sequoianum* als die vorherrschende Art im Ampflwanger Gebiet anzusehen. Durch die Bestimmung der neuerlich mir vorgelegten Proben wird dieses Ergebnis bestätigt.

Ein reicheres Material dieser xylitischen Kohle könnte vielleicht auch noch andere Koniferen als Kohlenbildner dieses Gebietes zu erkennen geben, wie ich beispielsweise bei meinen damaligen Studien noch ein Cupressinoxylon in der Ampflwanger Kohle mikroskopisch nachzuweisen vermochte, dem ich den Artnamen *hausruckianum* beilegte.

Ergeben die vorliegenden Proben von den xylitischen Stücken einen sehr einheitlichen Aufbau mit absolutem Vorherrschen von *Taxodioxylon sequoianum* als Kohlenbildner, da nur in einer Probe *Taxodioxylon taxodii* nachweisbar war, so bietet die Moorkohle in ihren Anschliffen mit ihren zahlreichen Einschlüssen überaus abwechslungsreiche Bilder.

In der Grundmasse der Moorkohle sind Holzreste, zumeist Tracheidengruppen von Koniferen oder zarte Zweiglein, besonders im Queranschliff deutlich an ihrem charakteristischen Gewebsbau und der dunklen rostbraunen Farbe erkennbar. In

den Queranschliffen sind auch wiederholt im Koniferenholz die durch Gesteinsdruck stark verpreßten, häufig gefälteten Jahresringe in ihrem höchst merkwürdigen Verlauf zu verfolgen. Immer wieder ist der große Harzreichtum der Moorkohle auffällig. Das Harz erfüllt in größeren oder kleineren Kugeln oder Kugelgruppen jeden mikroskopisch kleinen Raum der Kohle und erscheint im Blaufilter der Quarzlampe als hellgelber Körper oder aber es erfüllt in homogener Masse ganze Tracheidengruppen, aus denen sich die feine Skulptur der Tracheidenwand ganz besonders scharf hervorhebt, wie dies in geradezu idealer Weise bei einem mikroskopisch kleinen Einschluß der Fall ist, den Fig. 21 zur Gänze wiedergibt.

Wir sehen da fünf Tracheiden eines Koniferenholzes im Tangentialschnitt getroffen sowie zwei einreihige Markstrahlen und zwei nebeneinanderliegende Zellenzüge von Holzparenchym. Das ganze Gewebsstück erscheint durch die eingelagerten Harzmassen — denn für eine andere Deutung liegt wohl kaum ein Grund vor — völlig aufgehellt, wodurch auch die im Tangentialschnitt getroffenen Hoftüpfel der Längstracheiden in besonders markanter Weise hervortreten, indem sie als charakterische Poren an der Tracheidenwand sichtbar werden, wie die Fig. 21 zeigt. Es sind nur wenige Tracheiden, die an der oberen Markstrahlspindel umgebogen erscheinen und wieder zu ihrem Ausgangspunkt in der Bildmitte zurückkehren, wodurch in der schwarzen Moorkohle dieses prächtige hellgelb leuchtende Oval entsteht, das in dem neben der zwei Zellen hohen Markstrahlspindel verlaufenden Holzparenchym mit seinem etwas dunkleren Einschluß in bläulichem Schimmer im Auflicht erstrahlt. Auch die Spindelform der Tracheiden zeigt sich an den beiden vorhandenen Tracheidenenden und ist durch Zellform und Farbe ein höchst interessanter Einschluß von seltener Schönheit. Man wäre versucht, hier von einem Naturselbstpräparat zu sprechen.

In die Grundmasse von stark zerfasertem Koniferenholz sind auch sehr zarte Blättchen eingelagert, die durch den Anschliff oft im Querschnitt getroffen erscheinen, wie Fig. 22 zeigt. Wir sehen in der Mitte ein Zentralbündel, von dem nur noch das Xylem in einigen Zellen erhalten blieb, während das Phloem zerstört wurde, ebenso wie die das Bündel umlagernden Zellen des Mesophylls. Ober- und unterseits des Bündels sind nur parenchymatische Zellen von mehr weniger unregelmäßiger Form erhalten. Schließlich ist auch ziemlich deutlich an der einen Seite die aus dickwandigen Zellen bestehende Oberhaut mit zwei eingelagerten Spaltöffnungen zu erkennen. Es handelt sich demnach

um ein zartes Blättchen, wie solche in den Anschliffen der Moorkohle aufzufinden sind.

Auch Stengeloberhäute, kenntlich an ihren langgestreckten schmalen Zellen, konnte ich in den Anschliffen der Moorkohle nachweisen.

Aber auch von den in der Kohle wohl höchst selten infolge des gänzlichen Harzmangels sowie des Vorkommens von mehr weniger weiten Gefäßen noch erhalten gebliebenen Angiospermenhölzern ließen sich mikroskopisch kleine Reste bestimmen. So fanden sich in den Anschliffen Teile von Siebröhren mit dazugehörigen Siebplatten aus dem Bastteil eines Laubholzes oder auch hie und da Teile von Treppengefäßen eines solchen Holzes, wie es die Mitte der Fig. 23 in bester Erhaltung zeigt, wobei sich die einzelnen Verdickungsleisten von der Zellwand deutlich abheben. Im rechten Teil des Gefäßes sind nur mehr Spuren der treppenartigen Verdickungen an der Zellwand vorspringend zu sehen.

Diese Proben gewinnen insofern noch ein besonderes Interesse, als sie in der Moorkohle das Vorkommen von Laubhölzern nachweisen, die sich ganz selten in ihrem Gewebsbau und nur in spärlichen Resten in der Kohle erhalten haben.

Ein Laubholzvorkommen in der Ampflwanger Moorkohle beweist auch ein Fundstück, dessen Anschliff schon dem freien Auge aus der homogenen Masse der Moorkohle hervortretende Stränge zeigte, welche der Kohlenprobe ein eigentümlich geschichtetes Aussehen verleihen.

Die Mikroskopie des Anschliffes im auffallenden Licht ergab das sehr merkwürdige Bild mehr oder weniger breiter Streifen eigenartig skulpturierter Zellen. Erst der Mikrotomschnitt durch diese Probe und dessen Betrachtung im durchfallenden Licht entschleierte die Natur dieser Zellen. Es sind Stränge quergetroffener, sehr starkwandiger Sklerenchymzellen, welche deutlich die Porenkanäle von einem Zellumen zum anderen erkennen lassen. Die Probe zeigt Stränge von 2, 4 und 6 Zellen Breite, ja sogar eine Schichte von 20 Sklerenchymzellenreihen, die im Präparate deutlich hervortreten. Aus der Länge dieser parallel gelagerten Stränge, die sich weit in den Anschliffen verfolgen lassen, ergibt sich, daß diese Stränge ganze Sklerenchymringe gebildet haben mögen, wie dies z. B. für Eichen- und Erlenrinden, aber auch für Zimmtrinden charakteristisch ist. Die Sklerenchymringe bilden den Nachweis, daß eine Rinde, und zwar eine Laubholzrinde vorliegt, was auch wieder für die Beurteilung der einstigen Braunkohlenwälder und ihren pflanzlichen Aufbau von Interesse ist.

Die Sklerenchymzellen sind im Querschnitt überwiegend länglich-rechteckig, seltener quadratisch bis wenig unregelmäßig. Fig. 24 zeigt Sklerenchymstreifen von 2 und 4 Zellen Breite. Daneben schieben sich auch Schichten von länglich schmalen gestreckten Bastfasern ein, sehr derbwandig, anscheinend verholzt, die als Hartbast bezeichnet werden. In dem Gewirre der Gewebselemente sind auch stellenweise Markstrahlen zu sehen. Hie und da sind Bastfasern im Querschnitt getroffen, von fast quadratischer Form mit punktförmigen Lumen.

Daß es sich bei dieser Probe um Rinde handelt, beweisen auch die Korkschichten mit ihren charakteristischen schmalen rechteckigen Zellen, die in der Rinde auftreten und in Fig. 25 in der Bildmitte wiedergegeben sind.

Von den sonst meist in der Rinde vorkommenden Kristallen, welche für die Bestimmung der jeweiligen Rinde wertvolle Anhaltspunkte ergeben, ist nichts mehr erhalten. Auf Grund der entsprechenden Literaturangaben und auch meiner eigenen Untersuchungen sind derartige Kristalleinschlüsse auch nicht zu erwarten, da sie vermutlich durch chemische Vorgänge während der Fossilisation längst zerstört wurden.

Auch die in der Probe erhaltenen einzelnen Elemente der Rinde sind nicht in ungestörter Lagerung, sondern es schließen sich an die quergetroffenen Sklerenchymzellen längsgetroffene Bastfasern und Markstrahlen an und dazwischen wieder im Querschnitt getroffene Bastfasern. An einer Stelle im Präparat ist ein quergetroffenes, länglich schmales Blättchen sichtbar, von dem Fig. 22 einen kleinen Teil zeigt.

Zusammenfassend ergibt sich, daß es sich bei der eben besprochenen Probe um eine Rinde, und zwar nach der Ausdehnung der Sklerenchymgruppen zu einem Sklerenchymring zu schließen, um eine Laubholzrinde handelt.

In einigen Anschliffen sind auch vereinzelte Bastzellgruppen, vermutlich aus Rinden stammend, anzutreffen.

Unter den mikroskopischen Einschlüssen, die das Anschliffbild der Ampflwanger Kohle so vielgestaltig machen, finden sich auch kleine Reste von Kutikulen irgendwelcher Blätter mit noch erhaltenem Abdruck des unter der Kutikula liegenden Gewebes der einstigen Epidermis, aber auch Kutikulen mit vorspringenden lappenartigen Kutikularleisten oder ohne solche sind in Anschliffen der Moorkohle als schleifenförmige Bildungen zu unterscheiden.

In Holz- und Rindenresten sind auch Pilzhyphen anzutreffen, die sich oft über lange Strecken des Präparates verfolgen lassen und ein Bild von der holzzerstörenden Tätigkeit dieser Pilze

ergeben, so daß es verständlich wird, daß nach dem Zerfall des Holzes Dauerzustände solcher Pilze, die Sklerotien, in die Grundmasse der Moorkohle, die sich der Hauptsache nach aus Holzfasern aufbaut, gelangten und dort heute an ihrer kugeligen, ovalen oder auch ganz unregelmäßigen Form mit blasiger Fächerung im Innern nachweisbar sind.

Es wurde schon eingangs erwähnt, daß die Ampflwanger Moorkohle reich an Harzeinschlüssen ist, die vermutlich den einstigen kohlenbildenden Hölzern entstammen und nun als hellgelbe bis braunrote kugelige oder unregelmäßig geformte Konkremente, oft bis zu ganzen Harzpfropfen gehäuft, die Moorkohle in reicher Menge durchsetzen.

Schließlich sei noch eines Einschlusses gedacht, der sich in der Braunkohle im allgemeinen nicht gerade selten findet, wohl aber in der Ampflwanger Moorkohle zu den Seltenheiten gehört, nämlich Pollen- oder auch Sporeneinschlüsse, die sich im auffallenden Licht als mehr weniger kugelige Körper erweisen, wie sie Fig. 26 zeigt. An einigen ist eine Art Schaumstruktur deutlich sichtbar, wie sie manchen Sporen oder Pollen eigentümlich ist. Es handelt sich bei Fig. 26 um das Bild eines Anschliffes, in dem diese Körper eingebettet sind. Es mag sein, daß durch Mazerationspräparate der Kohlenproben mehr an Pollen oder Sporen sichtbar gemacht werden kann. In manchen Kohlenproben treten Pollen oder Sporen als glattgepreßte, langgestreckte Schleifen auf.

Die vorliegenden Untersuchungen gelangen zu folgender Charakterisierung der Ampflwanger Kohle: Die Xylite stammen zum überwiegenden Teil von *Taxodioxylon sequoianum*, *Taxodioxylon taxodii* dagegen kommt in ihnen in verschwindender Menge vor. Die Moorkohle besteht in ihrer Grundmasse aus fein zerfaserten Nadelhölzern, in welche große Mengen von Harz sowie Stengelchen, Blättchen, Laubholzgefäße, Kutikulen und Rindenteile, endlich in geringer Anzahl Pollen oder auch Sporen eingebettet sind, deren Unterscheidung in dem vorliegenden Erhaltungszustand schwer möglich ist.

Das Vorkommen von Gefäßbruchstücken aus dem Verbande von Laubhölzern und ferner von Laubholzrinden in der Ampflwanger Moorkohle ist deswegen von besonderem Interesse, als durch diese Feststellung auch histologisch der Beweis erbracht ist, daß unter den Kohlenbildnern auch dieses Gebietes sich Laubhölzer befunden haben, was in anderen Braunkohlenlagerstätten durch das Vorkommen von Blattabdrücken, Früchten und Samen in den Hangendschichten oder in der Kohle selbst bestätigt wird.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Untersuchungen der Moorkohle wurden an Anschliffen im auffallenden Licht sowie an Mikrotomschnitten im durchfallenden Licht vorgenommen. In diesem Zusammenhange sei bemerkt, daß für paläobotanische Arbeiten die Mikrotomschnitte von ausschlaggebender Bedeutung sind. Sie ergänzen das Auflichtbild und bewahren vor Täuschungen. Die Betrachtung von Anschliffen im Auflicht sollte immer durch eine solche an Mikrotomschnitten ergänzt werden.

Chemische Untersuchungen.

Von **Wolf Johannes Müller†, Guido Civran** und **Rudolf Gruber.**

Die Kohlen wurden in zwei Fällen (Schlitzprobe vom ganzen Unterflöz in Schmitzberg und Xylit von der gleichen Grube) im lufttrockenen Zustand eingesandt, während die Schwelkohle bergfeucht von der Grube angeliefert wurde. Alle Proben wurden nicht länger an der Luft getrocknet, als es unbedingt erforderlich war. Das Xylitmuster war eine Sammelprobe von einer größeren Zahl reiner Xylitstücke. Jeweils standen für die Zerkleinerung zur Analyse etwa 2 bis 3 *kg* zur Verfügung.

In einer umfassenden Literaturstudie wurde zuerst unter Mitwirkung des Herrn Paul Wieden eine Zusammenstellung aller bisherigen Arbeiten auf dem Gebiet der chemischen Zerlegungsanalyse von festen Brennstoffen ausgearbeitet. Eine Überprüfung dieser Methoden, die zum größten Teil für Torf bestimmt sind, auf ihre Verwendbarkeit für Braunkohlen war in einzelnen Fällen notwendig, worauf noch später bei der Beschreibung des jeweiligen Arbeitsganges hingewiesen wird. Von allen in der Literatur angegebenen Untersuchungsmethoden erwies sich das von S. W. Souci angegebene Verfahren (Beiträge zur chemischen Kennzeichnung und analytischen Untersuchung des Torfes, Kolloid-Zeitschrift, 1937, Bd. 82, S. 87) als das geeignetste und wurde dieses mit Ausnahme der Bestimmung der „freien Huminsäuren", die nach Marcusson erfolgte (Zeitschrift für angewandte Chemie, 1927, Bd. 40, S. 1104 u. f.), mit den von uns für Braunkohlen notwendig befundenen Abänderungen angewandt.

Erläuterungen zum Analysenvorgang.

Vor Inangriffnahme der Zerlegungsanalysen wurden die zur allgemeinen Charakterisierung von Kohlen üblichen Untersuchungen, wie: Immediatanalyse, Bestimmung von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, verbrennlichem Schwefel, sowie eine Verschwelung nach Fischer-Schrader bei 550° C. vorgenommen, wobei folgende von der DI-Norm abweichenden Methoden zur Anwendung kamen.

Für die Wasserbestimmung wurde zirka 1 *g* Kohle bei 150° C. getrocknet. Die Bestimmung der flüchtigen Substanz bzw. des

Reinkokses wurde nach Önorm C 1012 (6. Verkokungsprobe. B. Für Braunkohlen) im Stadtgasstrom vorgenommen, da sich diese Methode als die für die österreichischen Braunkohlen geeignetste erwiesen hat.

Die Stickstoffbestimmung erfolgte nach der im Institut für Technologie der Brennstoffe modifizierten Methode von Dumas. Die Ermittlung des verbrennlichen Schwefels wurde nach der verbesserten Methode Lant-Eckl durchgeführt.

Für die Zerlegungsanalyse wurde folgender Arbeitsvorgang eingehalten:

Die Bestimmung des Bitumens erfolgte durch Extraktion in der Soxlethapparatur mittels Benzol-Alkohol (1 : 1). Es wurde erschöpfend extrahiert. Zur Einwaage gelangte zirka 10 *g* der Probe.

Zur Trennung der Wachse und Harze wurde vorerst das Bitumen in der Achatschale feinstens verrieben, dann bei erniedrigter Temperatur in Äther-Alkohol (4 : 3) unter beständigem Umrühren gelöst und durch Filtrieren das Wachs von den Harzen getrennt. Diese Methode ist nur annähernd genau. (Holde.)

Die so entbituminisierte Kohle wurde erstens im Hauptgang nach S. W. Souci weiter verarbeitet, zweitens ein kleiner Teil nach Marcusson zur Bestimmung der „freien Huminsäuren" verwendet und im Zusammenhang damit eine Bestimmung des Alkali-Löslichen vorgenommen. Hier zeigte sich, wie wichtig eine genaue Erklärung über die Arbeitsweise ist. Denn nur unter gewissen Voraussetzungen lassen sich die einzelnen Werte miteinander vergleichen.

Beispiel: „Ampflwanger Brettelkohle	Auf Reinkohle bezogen:
Huminsäure nach S. W. Souci	1·4%
Alkalilösliches nach Marcusson (1 Stunde am Wasserbad mit 1%iger NaOH erwärmt)	3·6%

Die von Souci für die Bestimmung der Pektine vorgeschlagene Arbeitsweise wurde von uns dahin abgeändert, daß die Probe anstatt 3 Stunden 4 Stunden lang mit 300 cm^3 Wasser am Rückflußkühler erhitzt wurde. Hiedurch gehen Pektinstoffe sowie geringe Mengen von wasserlöslichen Mineralstoffen, Proteinen und Kohlehydrate in Lösung. Durch Eindampfen und Glühen des Filtrates bestimmt man den Gehalt an Mineralstoffen (Aschegehalt der Pektine).

Die Verlängerung der Erhitzungsdauer war notwendig, da an Hand von Vergleichsversuchen ermittelt wurde, daß der von Souci für Torf ausgearbeitete Analysengang hier für Braunkohle zu wenig erschöpfend ist.

Dasselbe gilt auch für die Bestimmung der Hemizellulose. Der getrocknete Rückstand von den Pektinen wurde 4 anstatt 3 Stunden am Rückflußkühler mit 300 cm^3 2%iger Salzsäure behandelt, wodurch die Hemizellulosen in Lösung gehen. Für die Ermittlung der Zellulose wurde ein Teil des Rückstandes von der Hemizellulose mit 20 cm^3 einer zirka 75 gewichtsprozentigen H_2SO_4 versetzt und unter wiederholtem Umrühren 2½ Stunden bei 20° C. einwirken lassen. Hierauf wurde mit 300 cm^3 Wasser verdünnt und 5 Stunden lang am Rückflußkühler gekocht, abfiltriert und der Gewichtsverlust bestimmt, der der Zellulose entspricht.

Bei der Bestimmung der Pektine, Hemizellulosen und Zellulose wurden jeweils stets Wasser- und Aschenbestimmungen der erhaltenen Rückstände durchgeführt und bei der Berechnung der Resultate sinngemäß berücksichtigt.

Für die Bestimmung der Humussäure und Humusstoffe im engeren Sinne wurde genau nach dem von Souci vorgeschlagenen Arbeitsgang verfahren. Zur Bestimmung der Humussäure (alkalilösliche und zugleich azetylbromidunlösliche Bestandteile) wurde die lufttrockene, nicht entbituminisierte Probe nach folgendem Schema einer schonenden, aber erschöpfenden Alkaliextraktion unterworfen: 1 bis 1·5 *g* der Probe wurde in der Kälte mit jeweils 100 cm^3 0·5%iger NaOH versetzt und viermal je 1½ Stunden und das fünftemal 2 Stunden lang gerührt. Nach jedem Rühren wurde die Probe zentrifugiert und filtriert und das Filtrat sofort mit HCl versetzt. Das so nach 8 Stunden Rühren erhaltene Filtrat war bereits ganz klar. Da die Schmitzberger Kohle einen hohen Aschengehalt hat, wurde die lufttrockene Probe vor der Alkaliextraktion mit 2%iger HCl behandelt. Zur weiteren Verarbeitung wurden nun die vereinigten, bereits schwach sauer reagierenden Extrakte nochmals mit einer zur Ausflockung und Sedimentierung der gelösten Extraktbestandteile ausreichenden Menge HCl versetzt, absitzen gelassen, filtriert, mit 0·01%iger HCl ausgewaschen und durch Vortrocknung der größte Teil der Feuchtigkeit entfernt. Die hierauf in einer Achatschale fein zerriebene, in einem Azetylierungskölbchen mit aufgeschliffenem Steigrohr neu eingewogene Fällung wurde 4 Tage lang bei 45° C. mit 20 cm^3 Azetylbromid unter gelegentlichem Umrühren digeriert. Selbstverständlich muß man dabei die beim Umfüllen und Pulverisieren eingetretenen Verluste ermitteln und in Rechnung setzen. Die durch einen Berliner Por-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

zellantiegel abfiltrierte Probe wurde mit 1 bis 2 cm^3 Azetylbromid, einigen Kubikzentimeter Eisessig, einigen Kubikzentimeter Äther und 300 bis 400 cm^3 heißem Wasser ausgewaschen, getrocknet, gewogen und verascht. Für die Berechnung muß der Wasser- und Aschengehalt der Ausgangs- und Endprodukte berücksichtigt werden, ebenso die Tatsache, daß mit der Azetylbromidbehandlung stets eine Bromaufnahme des Rückstandes verbunden ist. Diese wurde erfahrungsgemäß mit 7% in Rechnung gesetzt.

Für die Bestimmung der „freien Huminsäuren" im engeren Sinne nach Marcusson wurde ein Teil der entbituminisierten Kohle verwendet und dieselbe mit 100 cm^3 5%igem NH_3 in der Kälte versetzt. Nach einstündigem Einwirken unter öfterem Umrühren wurde die Probe filtriert und durch Differenzwägung der Gehalt an freier Huminsäure bestimmt.

Die „freien Huminsäuren" nach Marcusson von den Huminsäuren nach Souci in Abzug gebracht, ergeben den Gehalt an Huminsäure-Anhydrid.

Zur Bestimmung der Humine (Alkali- und zugleich azetylbromidunlösliche organische Bestandteile) wurde eine gesonderte Probe des lufttrockenen Materials direkt mit Azetylbromid behandelt. Die aschenreiche Schmitzberger Kohle wurde vorerst durch 6 Stunden mit 2%iger HCl unter ständigem Rühren versetzt, um den ungünstigen Einfluß der anorganischen Substanz zu vermeiden.

Den Gehalt an Huminen erhält man durch Subtraktion des bei der Bestimmung der Huminsäuren nach Souci gefundenen Wertes von dem durch direkte Azetylierung bestimmten Wert für den verbleibenden Rückstand.

Das Lignin wurde nach Souci aus der Differenz der für die Huminstoffe in engerem Sinne gefundenen Werte von der Gesamtmenge der bei der Behandlung mit starker Schwefelsäure (Zellulosebestimmung) ungelöst verbliebenen Stoffe bestimmt.

Ergebnisse der Analysen von „Xylit" vom Schmitzberg bei Ampflwang, lufttrocken.

	a)	b)	Mittel	Bezogen auf Reinkohle
	Bezogen auf lufttr. Kohle			
	in Prozenten			
Wasser	15·34	15·32	15·33	—
Asche	1·20	1·20	1·20	—
Kohlenstoff	50·90	50·94	50·92	60·95
Wasserstoff	4·84	4·80	4·82	5·27
Stickstoff	0·52	0·50	0·51	0·61
Verbr. Schwefel	0·49	0·46	0·48	0·57
Rohkoks	25·82	25·85	25·84	—
Reinkoks	24·62	24·65	24·64	29·55
Flüchtiges	58·84	58·83	58·83	70·45

Verschwelung nach Fischer-Schrader bei 550° C.

Rohkoks	38·20%
Teer	12·90%
Schwelwasser + Feuchte	22·80%
Gas reduziert/*kg* Kohle	128·60 Liter

	a)	b)	Mittel	Bezogen auf Reinkohle
	Bezogen auf wasserfreie Kohle			
	in Prozenten			
Asche	1·42	1·42	1·42	—
Bitumen	6·28	5·97	6·1	6·2
hievon Wachse	0·72	0·63	0·7	0·7
hievon Harze	5·56	5·34	5·4	5·5
Pektine	0·54	0·70	0·6	0·6
Hemizellulose	2·55	2·46	2·5	2·5
Zellulose	26·95	27·20	27·1	27·5
Huminsäure (nach S. W. Souci)	1·58	1·24	1·4	1·4
Hievon freie Huminsäure (nach Marcusson)	0·24	0·20	0·2	0·2
Humine (nach S. W. Souci)	6·49	7·52	7·0	7·1
Lignin	—	—	54·4	55·2

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Schlitzprobe vom ganzen Flöz Schmitzberg bei Ampflwang.

	a)	b)	Mittel	Bezogen auf Reinkohle
	Bezogen auf lufttr. Kohle			
	in Prozenten			
Wasser	15·37	15·15	15·26	—
Asche	16·19	16·35	16·27	—
Kohlenstoff	44·65	44·74	44·70	65·24
Wasserstoff	4·03	3·94	3·98	5·81
Stickstoff	0·48	0·44	0·46	0·68
Verbr. Schwefel	0·41	0·39	0·40	0·66
Rohkoks	45·06	45·15	45·10	—
Reinkoks	28·87	28·80	28·83	42·11
Flüchtiges	39·79	39·48	39·64	57·89

Verschwelung nach Fischer-Schrader bei 550° C.

Rohkoks	53·5%
Teer	13·2%
Schwelwasser + Feuchte	20·1%
Gas reduziert/*kg* Kohle	120·2 Liter

	a)	b)	Mittel	Bezogen auf Reinkohle
	Bezogen auf wasserfreie Kohle			
	in Prozenten			
Asche	19·18	19·18	19·18	—
Bitumen	5·80	6·20	6·0	7·4
hievon Wachse	2·11	2·48	2·3	2·8
hievon Harze	3·69	3·72	3·7	4·6
Pektine	0·54	0·65	0·6	0·8
Hemizellulose	0·60	0·60	0·6	0·8
Zellulose	2·55	2·31	2·4	3·0
Huminsäure (nach S. W. Souci)	26·04	25·10	25·5	31·5
Hievon freie Huminsäure (nach Marcusson)	3·55	3·20	3·4	4·2
Humine (nach S. W. Souci)	11·64	12·02	11·8	14·6
Lignin	—	—	34·7	42·9

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Schwelkohle vom Betrieb Schmitzberg, Nordfeld, 3. Flöz.

Lagerfeuchte 27·2%

	a)	b)	Mittel	Bezogen auf Reinkohle
	Bezogen auf lufttr. Kohle			
	in Prozenten			
Wasser	9·01	9·02	9·02	—
Asche	11·03	11·10	11·07	—
Kohlenstoff	54·61	54·67	54·64	68·38
Wasserstoff	4·59	4·62	4·61	5·77
Stickstoff	0·55	0·57	0·56	0·71
Verbrennl. Schwefel	0·52	0·52	0·52	0·65
Rohkoks	38·94	38·99	38·96	—
Reinkoks	27·87	27·92	27·90	34·90
Flüchtige Substanz	52·05	51·99	52·02	65·10

Verschwelung nach Fischer-Schrader bei 550° C.

Rohkoks	49·4%
Teer	13·9%
Schwelwasser + Feuchte	16·7%
Gas reduziert/*kg* Kohle	124·3 Liter

	a)	b)	Mittel	Bezogen auf Reinkohle
	Bezogen auf wasserfreie Kohle			
	in Prozenten			
Asche	12·14	12·14	12·14	—
Bitumen	12·18	12·00	12·09	13·76
hievon Wachse	5·11	4·95	5·03	5·72
hievon Harze	7·07	7·05	7·06	8·04
Pektine	1·15	1·32	1·23	1·40
Hemizellulose	0·64	0·62	0·63	0·72
Zellulose	2·62	2·55	2·58	2·94
Huminsäure (nach S. W. Souci)	19·96	20·15	20·06	22·83
Hievon freie Huminsäure (nach Marcusson)	4·30	4·21	4·25	4·84
Humine (nach S. W. Souci)	34·57	34·68	34·62	39·40
Lignin	—	—	16·43	18·76

Chemische Vergleiche.

Von W. Petrascheck.

Das auffälligste Ergebnis der chemischen Untersuchungen ist, daß die bisherigen Analysenmethoden gar keinen Einblick geben in die Art der organischen Bindungen, welche in den Kohlen herrschen, so daß Kohlen ganz verschiedenster Konstitution durch die bisherigen Analysenmethoden nicht unterscheidbar waren. Nicht einmal zwischen Schwelanalyse und Bitumengehalt sind Beziehungen von hinlänglicher Deutlichkeit vorhanden. Dahingegen gibt schon der bloße Augenschein und noch mehr das Mikroskop weitgehende Anhalte.

Wohl aber kann die Erfahrung des Braunkohlenbergmanns bestätigt werden, daß sogenannte Gelbkohlen, d. h. lichtere Streifen in den Flözen von ins Hellbraun oder Gelb spielender Farbe, reicher an Bitumen sind.

Ein Gemisch von Schwelkohle und Moorkohle war unter den Bergleuten des Hausruck als „graue Kohle" im Grubenfelde „Waldpoint" auch schon aufgefallen.

Es wurde oben schon erwähnt, daß eine rechnerische Ermittlung der Zusammensetzung der Moorkohle nicht möglich ist, weil bei Zellulose unmögliche, nämlich negative Werte zum Vorschein kamen. Trotzdem wurden die anderen rechnerisch ermittelten Zahlen in beistehender Zusammenstellung angeführt, weil sie doch einen beiläufigen Anhalt geben, wenn auch um einige Prozente zu hoch. Diese rechnerische Ermittlung erfolgte auf Grund der Volumenprozente, wie sie Siegl im ganzen Flözprofil ermittelt hat, unter Berücksichtigung der spezifischen Gewichte.

Spezifische Gewichte bergfeuchter Kohle (Schmitzberg):

Brettelkohle .....1·21,
Quell .....1·18,
Moorkohle .....1·28,
Schwelkohle .....1·22.

Der Fusit wurde ganz als Humine gerechnet. Etwa 2% bzw. 7% des Fusitgehaltes erscheinen zwar unter „Bitumen" bzw. „Humussäure" der Schlitzprobe, was aber bei dem im ganzen

kleinen Fusitgehalt (3·5 Volumprozent), unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes <1, ganz wenig ausmacht.

Keiner weiteren Erörterung bedarf die Tatsache, daß das Mikroskop viel mehr Auskunft über den chemischen Inhalt der Kohlen gibt, als die bisher üblichen Analysen. Die Bitumenkörper, wie Harze, Pollen, Sporen, Kutikulareste, sind unter Mikroskop

		Hausruck-Kohle			
		Flözdurchschnitt	Brettelkohle	Schwelkohle	Moorkohle, errechnet
		n. W. J. Müller, Civran u. Gruber			
		In der Reinkohle			
Bitumen.....	1	7·4	6·2	13·76	5·8
Wachse	2	2·8	0·7	5·72	—
Harze	3	4·6	5·5	8·04	—
Pektine	4	0·8	0·6	1·40	0·7
Hemizellulose ..	5	0·8	2·5	0·72	0·3
Zellulose.....	6	3·0	27·5	2·94	angenommen 2·0
Huminsäure ...	7	31·5	1·4	22·83	42·7
Hievon freie Huminsäuren	8	4·2	0·2	4·84	—
Humine	9	14·6	7·1	39·40	4·2
Lignin	10	42·9	55·2	18·76	43·2

	Flachmoor-Torf	Hochmoor-Torf	Kieferholz	Buchenholz	Stroh nach Neumann, chem. Techn.
	nach Souci (Brief)		nach Schwalbe und Becker		
			Im aschenfreien Holz		
1	9·60	12·8	3·32	1·20	1·4—1·7
2	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—
4	2·61	5·6	1·11	1·75	—
5	19·68	10·4	11·02	24·86	23·0—26·0
6	27·79	12·7	54·25	53·46	44·0—49·0
7	14·59	21·8	—	—	—
8	—	—	—	—	—
9	10·79	8·6	—	—	—
10	11·05	28·3	26·35	22·46	23·0—28·0

ohne weiteres sichtbar. Überdies aber enthält die Schwelkohle noch unsichtbares Bitumen ungeformt in der Grundmasse und es wird wohl auch vor allem sich das Wachs der unmittelbaren Wahrnehmung entziehen. Zellulose ist leicht sichtbar. Hingegen ist der Sitz von Hemizellulose und Pektinen unter Mikroskop nicht zu erkennen, es darf jedoch als wahrscheinlich gelten, daß sie aus sichtbaren Zellgeweben stammen. Ebenso ist unzweifelhaft, daß die Menge des Lignins bei dem vorliegenden Stadium der Metamorphose mit dem unter Mikroskop erkennbaren Holzgewebe steigt und fällt. Huminsäure und Humine bilden das, was unterm Mikroskop als undefinierbare, mehr oder weniger homogene Grundmasse erscheint; Humin überdies den opaken Fusit.

Mehr noch als bei den Steinkohlen kann also die petrographische Untersuchung Anhalte für die Qualität der Kohlen liefern.

Für die Erkenntnis des Inkohlungsprozesses stehen wir mit der vorliegenden Untersuchung erst ganz am Anfang, weil ein besonders niedriges Stadium der Inkohlung erfaßt wurde. Zum Vergleich wurden oben einige Zahlen angeführt. Die Angaben über Holz und Stroh wurden Handbüchern der technischen Chemie und jene über einen Flachmoortorf den Veröffentlichungen von Souci entnommen. Die Analyse des Hochmoortorfs stellte mir Herr Souci (München) entgegenkommendst zur Verfügung.

Die relative Anreicherung an Bitumen ist vor allem durch Schwund anderer, leichter zerstörbarer Substanzen zu erklären. Darüber ist man sich schon lange einig. Die Untersuchungen von Zetzsche und seinen Mitarbeitern waren in dieser Hinsicht grundlegend. Sie zeigen, welche starke Anreicherung an Polymerbitumen vom Torf zur Braunkohle und von dieser zur Steinkohle erfolgt. Dieses Polymerbitumen wurde hier durch die Extraktion mit organischen Lösungsmitteln nicht erfaßt. Die Angaben, die Souci von einigen Torfmooren macht, liegen in der Größenordnung bei jenen, die meine Mitarbeiter hier bei den Hausruckkohlen fanden. Eine durch Umlagerung innerhalb des Torfmoores bedingte Sortierung, wie sie Siegl im vorhergehenden annimmt, kann die Anreicherung weitertreiben.

Daß das Wachs zum geringsten Teil aus dem Holze kommt, zeigt der Vergleich der Analysen und ist wohl selbstverständlich.

Restlose Zerstörung der Zellulose allein würde den Harzgehalt der Brettelkohle von 5·5% auf 7·3% steigen lassen, während die Schwelkohle 8·04% zeigt. Der Größenordnung nach würde das immerhin ausreichend sein. In der Tat kann das Bitumen einen Maßstab dafür liefern, in welchem Maße andere Stoffe bei

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der Entstehung der Schwelkohle verschwanden. Wofern der Zerstörungsprozeß, und das ist das wahrscheinlichere, unter Mitwirkung von Pilzen vor sich ging, ist noch an Anreicherung ihrer Baustoffe und Stoffwechselprodukte zu denken, wodurch obiger Maßstab an Bedeutung verliert.

Hemizellulosen sind nach Souci solche polymere Kohlenhydrate, die leichter als Zellulose hydrolisierbar sind. Sie können in Pentosane, Methylpentosane, Hexosanpentosane und Hexosane eingeteilt werden. Laubhölzer enthalten etwa die doppelte Menge an Pentosan wie Nadelhölzer. Hochmoortorf nach Souci etwa nur die Hälfte des Flachmoortorfs. Es ist also sicher, daß diese Stoffe schon in den frühesten Stadien der Inkohlung stark vermindert werden. Es ist denkbar, daß auch in der Natur Hydrolyse zur Zuckerbildung führt und daß dieser in gelöstem Zustande abgeführt wird. Liegend- und vor allem Hangendtone der Kohlenflöze zeigen überaus häufig eine Anreicherung an organischer Substanz. Es muß nicht immer nur Humussäure sein, die verschleppt und im Nebengestein adsorbiert wird. Daß der Hemizellulosegehalt der Brettelkohle höher liegt als bei den anderen Kohlenarten, ist leicht verständlich, weil sie der am wenigsten zersetzte Teil des Flözes ist.

Die Pektinstoffe nennt Souci die wahrscheinliche Muttersubstanz des Lignins. Er nimmt folgende Beziehungen an:

Pektin,
Lignin,
Rotteprodukte des Lignins,
Huminsäure,
Humine.

Die Umbildung von Pektin in Lignin findet noch im lebenden Organismus statt. Seine Bestimmung erfolgt durch Lösen in heißem Wasser. In den mir vorliegenden technischen Analysen von Hölzern kann ich keine Angaben über die Pektingehalte finden. Daß sie durch Lösung aus dem Torf bald verschwinden, ist anzunehmen. Sollte es kein Zufallswert sein, der bei der Schwelkohle gefunden wurde, so könnte man in ihrem höheren Pektingehalt eine Bestätigung dafür vermuten, daß bei der Schwelkohlenbildung geringere Durchnässung als bei der Vertorfung stattgefunden habe.

Über Zellulose als Kohlenbestandteil ist viel diskutiert worden. Es ist sicher, daß sie in vielen Kohlen mehr oder weniger reichlich vorhanden ist. Es ist sicher, daß sie mit der Reifung verschwindet. Es ist endlich sicher, daß Pflanzenteile, die ligninarm und zellulosereich sind, wie Blätter, ebenfalls Kohle zu liefern ver-

mögen. Ein völliger Abbau der Zellulose bei dem biologischen Vertorfungsprozeß, wie Fischer meinte und wie nun auch Jurasky wieder annimmt, findet nicht statt, was R. Potonié bereits klargelegt hat.

Wie wechselnd die Zellulosegehalte von Kohlen sind, mögen einige Zahlen aus der Literatur veranschaulichen:

Lignit, Niederlausitz	26·0%	Marcusson
Lignit, Niederlausitz	10·0%	Marcusson
Erdbraunkohle Ilse-Grube	0·6%	Marcusson
Mattbraunkohle Kaaden.....	2·6%	Marcusson
Erdbraunkohle Mydlowar.....	11·4%	Schulz & Hamackowa
Stückige Weichbraunkohle Dubnian	7·8%	Schulz & Hamackowa
Stückige Weichbraunkohle Dubnian	6·0%	Schulz & Hamackowa

Ing. Weber prüfte in meinem Institut im Zusammenhang mit einer noch zu veröffentlichenden Untersuchung, die ich über die Metamorphose der Kohlengefügebestandteile durchführte, Köflacher Weichbraunkohle und fand

in Köflacher Xylit	4·77%	Zellulose
in Köflacher Moorkohle .	30·76%	Zellulose

Schulz und Hamackowa hoben schon hervor, daß manche Xylite keine Zellulose aufweisen, so jener von Mydlowar und von Gaya. Siegl zeigte oben, daß die runden Stämme des Hausruck-Kohlenflözes keine oder nur spurenweise Zellulose enthalten, während sie in der Brettelkohle in wechselnder Menge auftritt. Die oben von W. J. Müller und seinen Mitarbeitern ermittelten Zellulosegehalte der Brettel- und Schwelkohle dürfen wegen der Art der Probe als gute Durchschnittswerte gelten, während oben schon angeführt wurde, daß die Schlitzprobe vom ganzen Flöz sicher ein abnorm niedriger Zufallswert ist. Immerhin weist dieser Durchschnittswert darauf hin, daß der Zellulosegehalt der Hausruck-Moorkohle recht klein sein muß.

Es ist bemerkenswert, daß in der Köflacher Kohle die Streifenarten gerade das umgekehrte Zelluloseverhältnis zeigen. Die mikroskopische Untersuchung einer Anzahl verschiedener Xylitproben aus dem Köflacher Karlschacht lehrte, daß dort tatsächlich nicht selten zellulosearme Xylite anzutreffen sind.

Wenn man im Spätholz der Brettelkohle Zellulose sieht, im Frühholz nicht, so darf wohl an den Schutz durch inkrustierendes Lignin gedacht werden. Biologische Prozesse bei der Zerstörung der Zellulose sind, wie Fischer und seine Mitarbeiter experimentell gezeigt haben, wahrscheinlich. Bakterielle Aufzehrung, wie

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Jurasky meint, kommt in dem sauren Medium weniger in Betracht als Pilze. Faules, zellulosearmes Holz, das ich im Hochgebirge sammelte, zeigt Pilzhyphen, in Torfhölzern fand ich sie ebensowenig wie in Braunkohlenxyliten. Immerhin weist die Häufigkeit von Sklerotien im Attritus geradezu aller Braunkohlenarten und auch der Hausruck-Moorkohle auf die Gegenwart von Pilzen hin.

Alle Kohlen, gleichgültig ob sie durch Eruptivkontakt oder durch dynamische Metamorphose zu Glanzbraunkohlen geworden sind, zeigen keine Zellulose mehr. Man wird unmöglich behaupten können, daß dann immer biologische Zersetzung weit genug vorgearbeitet habe. Wäre diese wirklich von maßgebendem Einfluß, so müßte es häufig bemerkbar sein, daß der untere Teil eines Flözes Glanzbraunkohle, der obere Teil hingegen Kohlen geringer Reife aufweist. W. Petrascheck hat gezeigt, daß solche Fälle ungemein selten sind.

Die Anreicherung des Lignins in den untersuchten Kohlenarten gegenüber rezenten Hölzern würde leicht durch Vergärung anderer Bestandteile erklärbar sein, wenn nicht gerade der Flachmoortorf niedere Werte zeigt. Auch gegenüber Angaben, die Marcusson über den Ligningehalt von Braunkohlen macht, ist der Ligningehalt der Hausruckkohlen hoch. Ich vermag nicht zu beurteilen, wie weit Bestimmungsmethoden eine Rolle spielen. Die Unterschiede in den Ligningehalten von Brettelkohle, Schwelkohle und ganzem Flöz sind durchaus einleuchtend, zeigt doch auch das Mazerationsprodukt der Schwelkohle immer noch reichlich genug Fetzen von Koniferen-Holzzellen. Mikrochemisch mit Phloroglocin-Salzsäure gelang der Ligninnachweis nicht, wohl aber hatte die von Donath eingeführte Methoxylreaktion mit verdünnter Salpetersäure bei allen geprüften Kohlenarten Erfolg.

Daß neben Lignin Huminsäuren der Hauptbestandteil der Kohlen sind, zeigt die große Menge der bei der Mazeration gelösten Substanz. Bei Verwendung gleicher Kohlenmengen war das Volumen der Sedimente nach der Mazeration und Dekantierung der Lösungen bei der Brettelkohle etwa achtmal so groß wie bei Moor- und Schwelkohle. Die Holzzellfasern und Gewebefetzen waren bei Moor- und Schwelkohle sehr viel kleiner als beim Xylit. Opake Splitter waren in beiden reichlich, in Moorkohle jedoch viel zahlreicher und auch größer vorhanden. Der Form nach könnte Fusit darin stark vertreten sein.

Bei der Huminsäure ist der niedere Gehalt in der Brettelkohle beachtenswert. Zieht man zum Vergleich jene Zahlen heran, die Fuchs über die Destruktion des Holzes zusammenstellt, so scheint es, daß die Zersetzung der Hausruck-Brettelkohle besonders

gering ist, dann aber ist der Humingehalt der Brettelkohle überraschend.

Die Humine gelten als Endprodukt der Inkohlung. Die Fortsetzung unserer Untersuchungen müßte darüber weitere Auskunft bringen. Zunächst ist es auffallend, wie sehr verschieden der Humingehalt in den hier untersuchten Gefügebestandteilen ist, und namentlich der hohe Humingehalt der Schwelkohle bleibt aufzuklären. Daß der Fusit bei der Zerlegungsanalyse vor allem in der Humin-Ausbeute aufscheinen muß, ist schon erwähnt worden. Aber die kleinen Fusitsplitter der Schwelkohle sind keinesfalls ausreichend, um ihren Humingehalt zu erklären. Man ist versucht, Humine vor allem in der Opaksubstanz der Kohle zu suchen. Auch das kann für die Schwelkohle keinesfalls zutreffen.

Rückblick und Ausblick.

Lange schon weiß man, daß Baustoffe der Pflanze auch in der Kohle vorhanden sind, daß sie aber im Laufe der Inkohlung verschwinden. Wie sehr verschieden ihre Beteiligung an den Gefügebestandteilen (Streifen) eines Flözes ist, zeigt die vorangehende Untersuchung. Mit der Inkohlung verschwinden die Baustoffe nach und nach und ihre Umwandlungsprodukte treten an ihre Stelle. Wie sich dies vollzieht, wie sich dabei die Streifen verhalten, gehört zu den zukünftigen Aufgaben unserer Untersuchung. Ich sprach einst auf Grund der Elementar- und vor allem der technischen Analysen von einer Homogenisierung der Kohle. Die Gefügebestandteile werden sich immer ähnlicher. Die Zerlegungsanalyse der Hausruckkohle zeigt viel tiefgreifendere Unterschiede als nach der Elementaranalyse und der Verschwelung zu erwarten war.

Welche Mannigfaltigkeit von pflanzlichen Baustoffen in der Kohle immer noch nachweisbar ist, hat R. Potonié in seinem grundlegenden Buche über die Kohlenpetrographie erstmalig gezeigt. Allein schon im qualitativen Nachweis ist das Gebiet noch ungeheuer ausbaufähig. Unterscheidet doch beispielsweise die Technik artverschiedene Zellulosen. Bedenkt man, welche Fülle von Stoffen die lebende Pflanze enthält, daß man sogar nach chemischen Geschlechtsverschiedenheiten forscht und Individualstoffe ernstlich in Erwägung zieht, so kann man sich vorstellen, daß die pflanzlichen Abbau- und Umbauprodukte unbegrenzte Mannigfaltigkeit aufweisen, je mehr man in Einzelheiten eindringt. Der Nachweis von Chlorophyll (Weigelt & Noack 1931) von Porphyrinen (Treibs 1935) in Kohle lehrt, daß auch

unter den Stoffen, die in kleinster Menge auftreten und kompliziertesten Aufbau besitzen, sehr stabile Körper vorhanden sind. Fossilfunde und Histologie der Kohle können richtunggebend sein für aussichtsvolle Nachforschungen nach Pflanzenstoffen, die unser Klima heute zwar nicht hervorbringt, einst aber hervorgebracht hat. Um ein Beispiel zu nennen, sei auf den Nachweis von Kautschuk in Kohle (Gothan & Kindscher 1927) hingewiesen. Auch ich erhielt einmal aus dem Hangendmergel eines Braunkohlenflözes ein Stückchen hochelastischen Gummis, im Gestein steckend. Es war mir versichert worden, daß es aus unverritztem Gestein komme. So scheint es nicht aussichtslos zu sein, in Kohlen chemische Entdeckungen zu machen, bei denen Fossilien und Petrographie der Kohle Wegweiser sein können.

Inhaltsübersicht.

Die Untersuchung ist als erste einer Reihe solcher gedacht, welche bei Braunkohlen die Zusammenhänge zwischen petrographischen und chemischen Eigenschaften aufklären sollen. Der Anfang wurde mit einer stückigen Weichbraunkohle gemacht, die in 300 bis 400 *m* Tiefe ohne jeden tektonischen Druck und unter dauernder Grundwasserkühlung entstanden ist. Mengenverhältnis von Moorkohle (= Durit) zu Xylit, Schwelkohle, Bergen und Fusit im Flöz und Mengenverhältnis von Grundmasse, Xylitfasern, Bitumenkörpern und Fusitsplittern in der Moorkohle werden zum Teil unterm Mikroskop am Integrationstisch ermittelt. Verschiedene chemische Untersuchungen der erstgenannten Gefügebestandteile des Flözes werden durchgeführt. Das Schwergewicht der chemischen Untersuchungen liegt in den Zerlegungsanalysen von W. J. Müller, Civran und Gruber, durchgeführt nach den Methoden, die von Souci für Torf gegeben wurden. Sie wurden für eine Durchschnittsprobe des ganzen Flözes, für den Xylit und die Schwelkohlenstreifen gemacht, wobei die Gehalte an

Zellulose,
Hemizellulose,
Pektin,
Bitumen,
Harz,
Wachs,
Lignin,
Humussäure, auch freie Humussäure,
Humin,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

jeweils quantitativ ermittelt wurden. Hiebei zeigte sich, daß die bisherigen Analysenmethoden keinen oder kaum einen Anhalt für die stoffliche Zusammensetzung der Kohlen liefern, daß hingegen die petrographische Vermessung eine Anzahl von Hinweisen gibt. Aus Regelmäßigkeiten ihrer Einschaltung im Flöz schließt Siegl, daß in den Schwelkohlenbänken Umlagerungen von Oxydationsprodukten des Torfes vorliegen. Siegl findet Zusammenhänge zwischen Fusit und Harzanreicherung. E. Hofmann stellte in der Moorkohle neben Blattresten und Stengeln auch Überreste von Stämmen, Rindenteilen und Bastfasern von Angiospermen fest, während die Xyliteinlagerungen, ob sie nun als runde oder flachgedrückte Stämme in der Kohle liegen, immer die üblichen tertiären Braunkohlenkoniferen sind. Damit ist für die aus Fossilfunden über und in der Kohle immer schon gefolgerte Zerstörung des Laubholzes bei der Kohlebildung eine substanzielle Bestätigung erbracht. Andere Untersuchungen betreffen den Bitumengehalt des Fusits (W. Petrascheck), die Art der Deformation des Holzes zu „Brettern", wobei (Petrascheck) dem Turgor eine Rolle zugeschrieben wird, während Siegl den Unterschied runder und flachgedrückter Stämme mit Einbettung frischen bzw. durch Feuer erwärmten Holzes in Zusammenhang bringt. Das Auftreten und Eigenschaften schwarzer Xylite (Metaxylite R. Potoniés), ferner das nur scheinbare Fehlen von Stubben in der Kohle wird erörtert, ebenso die Untersuchungsmethoden und Erfahrungen bei der Probenahme u. a. m. Bei letzterer wird festgestellt, daß stark wechselnde Gehalte in einer Substanz zu erhöhter Sorgfalt bei der Probenahme nötigen, um nicht Zufallswerte zu bestimmen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Literaturverzeichnis.

Petrascheck, W., Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten. Kattowitzer Buchdruckerei, 1926/29.

Götzinger, G., Studien in den Kohlengebieten des westlichen Oberösterreich. Jahrbuch d. Geol. Bundesanstalt, Wien 1924.

Jurasky, A. K., Der Veredlungszustand der sudetenländischen Braunkohlen als Folge vulkanischer Durchwärmung. Mitteilungen d. Reichsstelle f. Bodenforschung, Freiberg/S. 1940.

Hofmann, E., Paläobotanische Untersuchungen über das Kohlenvorkommen im Hausruck. Mitteilungen d. Geol. Gesellschaft, Wien 1927.

Potonié, R., Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie. Borntraeger, Berlin 1924.

— Allgemeine Ergebnisse der Kohlenpetrographie. Arb. d. Instit. f. Paläobotanik. Preuß. Geol. Landesanstalt, Berlin 1930.

Potonié R. und Stockfisch, K., Über Oxyhumodile Kohlenvarietäten der Oxydationszone von Weichbraunkohlenflözen. Mitteilungen aus d. Laboratorium d. Preuß. Geol. Landesanstalt, 1932.

Siegl, W., Über Retinite, Bitumenharze und bituminöse Kohlen. Sitzungsbericht Akad. d. Wissensch. in Wien, 1940.

Schwarz, F., „Pyropissit" von Ampflwang (O.-Ö.). Berg- u. Hüttenmänn. Jahrb., 1936.

Voigt, Die jährliche Klimakurve des mitteldeutschen Eozäns. Zeitschr. d. deutschen Geol. Ges., 1939.

Gothan, W., Studien über die Bildung der Schwelkohle und des Pyropissits. Knapp, Halle/S. 1925.

— Ältere und jüngere Braunkohle. „Braunkohle", Knapp, Halle /S. 1941.

Potonié, H., Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt. Borntraeger, Berlin 1910.

Erdmann, Dolch, Die Chemie der Braunkohle. 2. Aufl. Halle 1927, S. 60 (betr. Brandlägen).

Zetzsche, F., und G. Schärer, Untersuchungen über die Membran der Sporen und Pollen. IV. Fossiles Sporopolenin aus dem Tasmanit und der Moskauer Braunkohle. 4. (Helvetia, Chimica Acta. 14. 1931. 67—78).

Fuchs, W., Die Chemie der Kohle. Springer, Berlin 1931.

Marcusson, Der chemische Aufbau der Braunkohlen. Zeitschr. f. angewandte Chemie, 1927, Bd. 40, S. 1104.

Souci, S. W., Beiträge zur chemischen Kennzeichnung und analytischen Untersuchung des Torfes. Kolloid Zeitschr. Bd. 82 (1937), S. 82.

— Die Chemie des Moores. Enke, Stuttgart 1938.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 4.

Fig. 5.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 6.

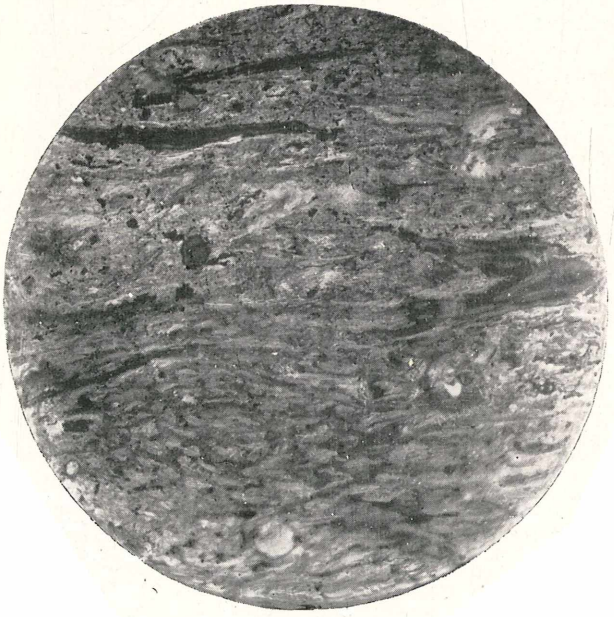
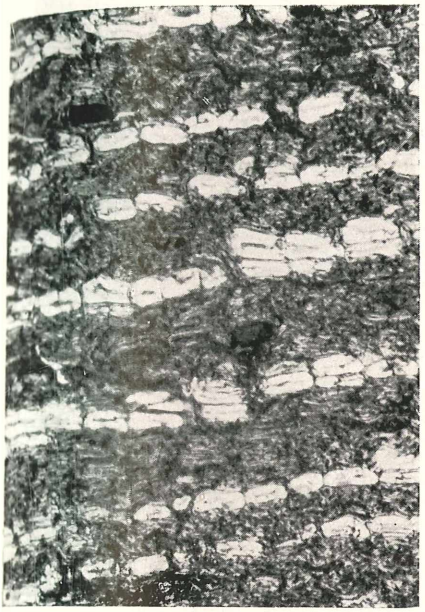


Fig. 7

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



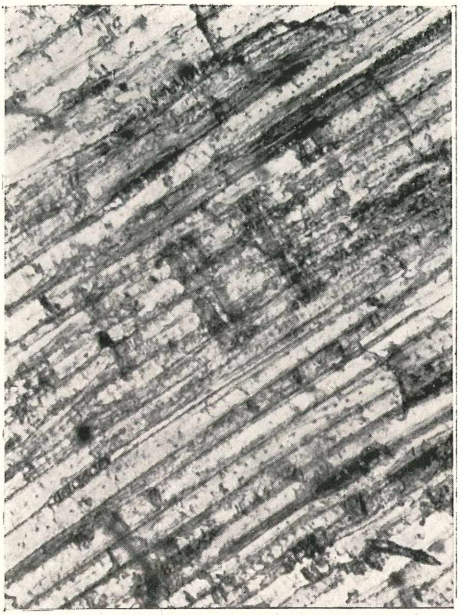


Fig. 8—11.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

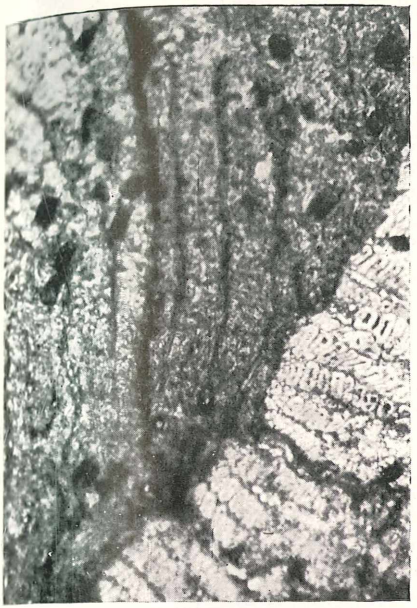


Fig. 12—15.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

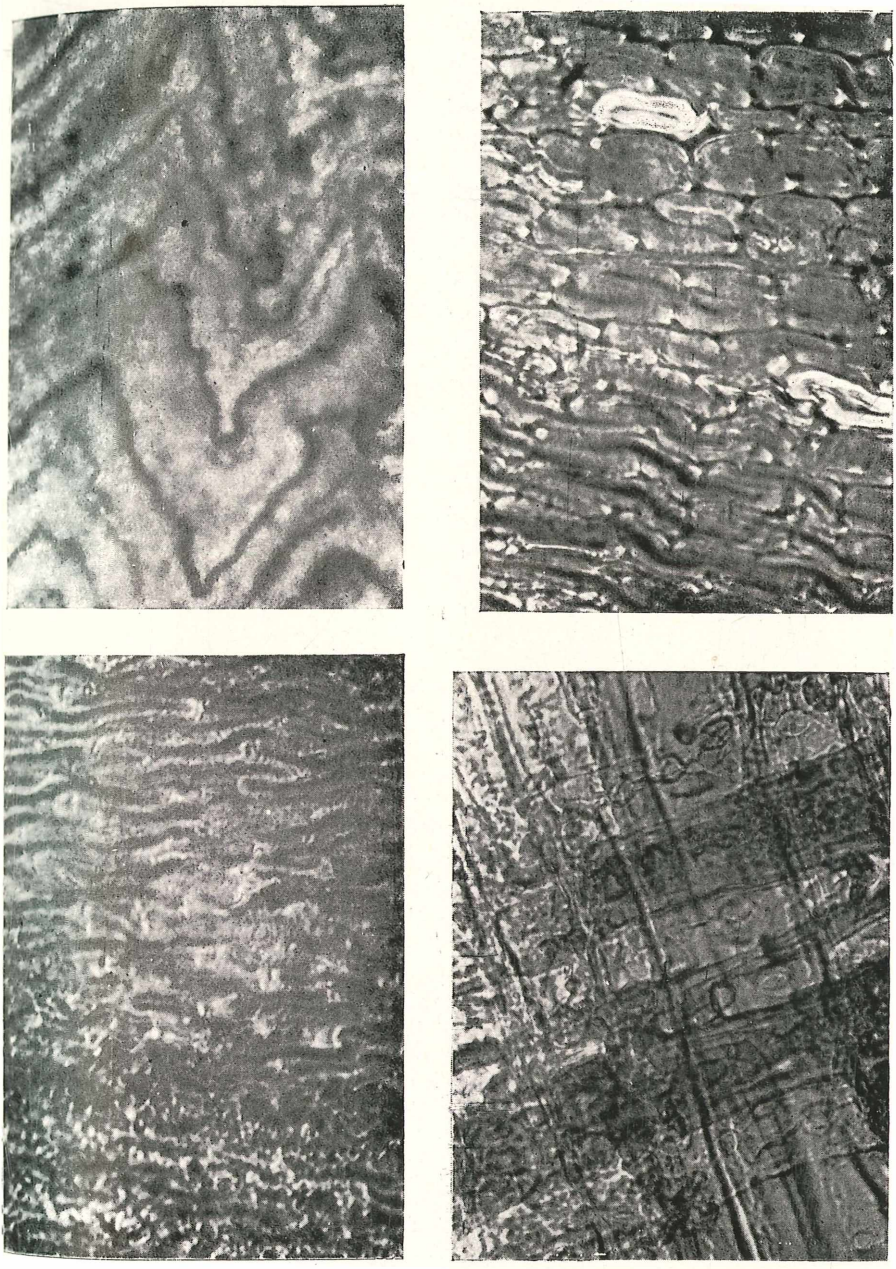
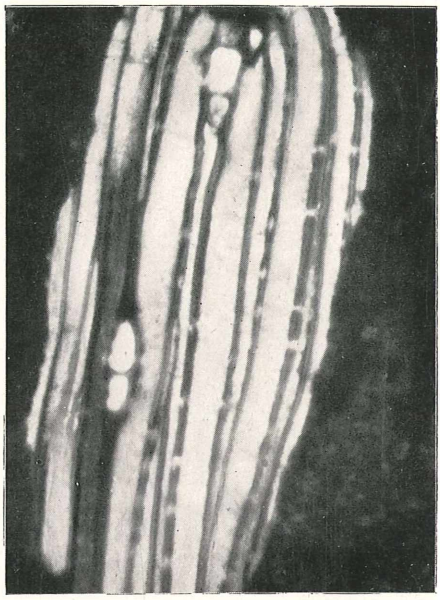


Fig. 16—19.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



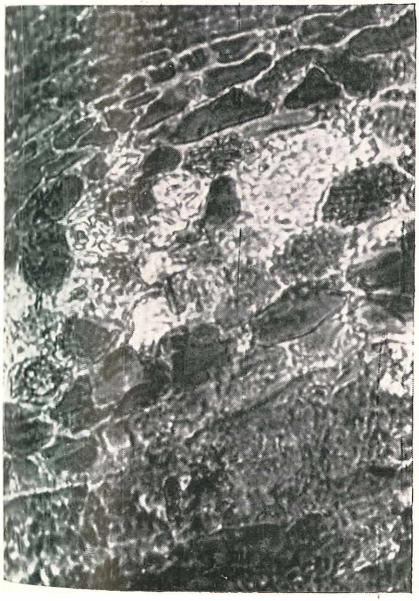
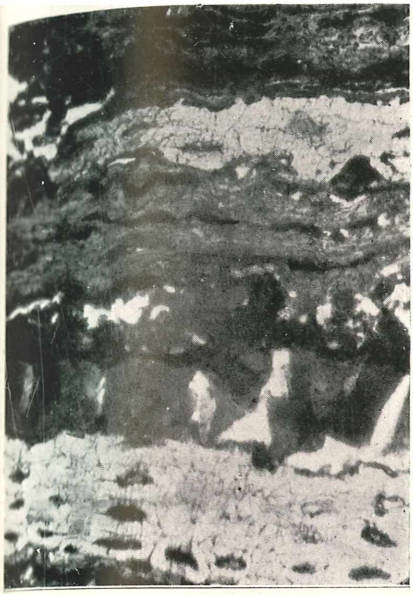
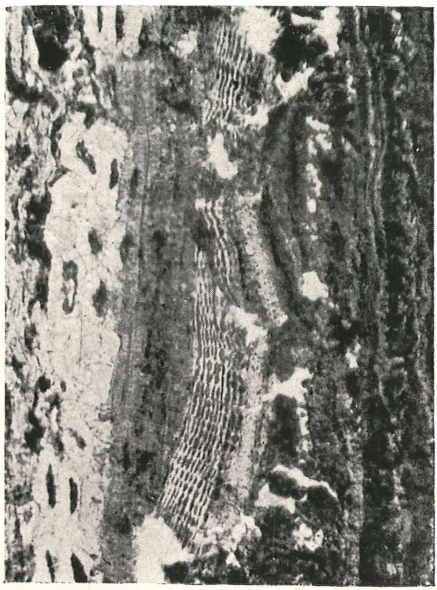


Fig. 20—23.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at





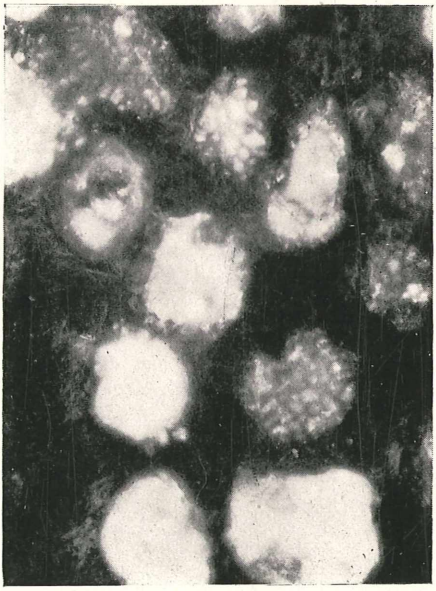
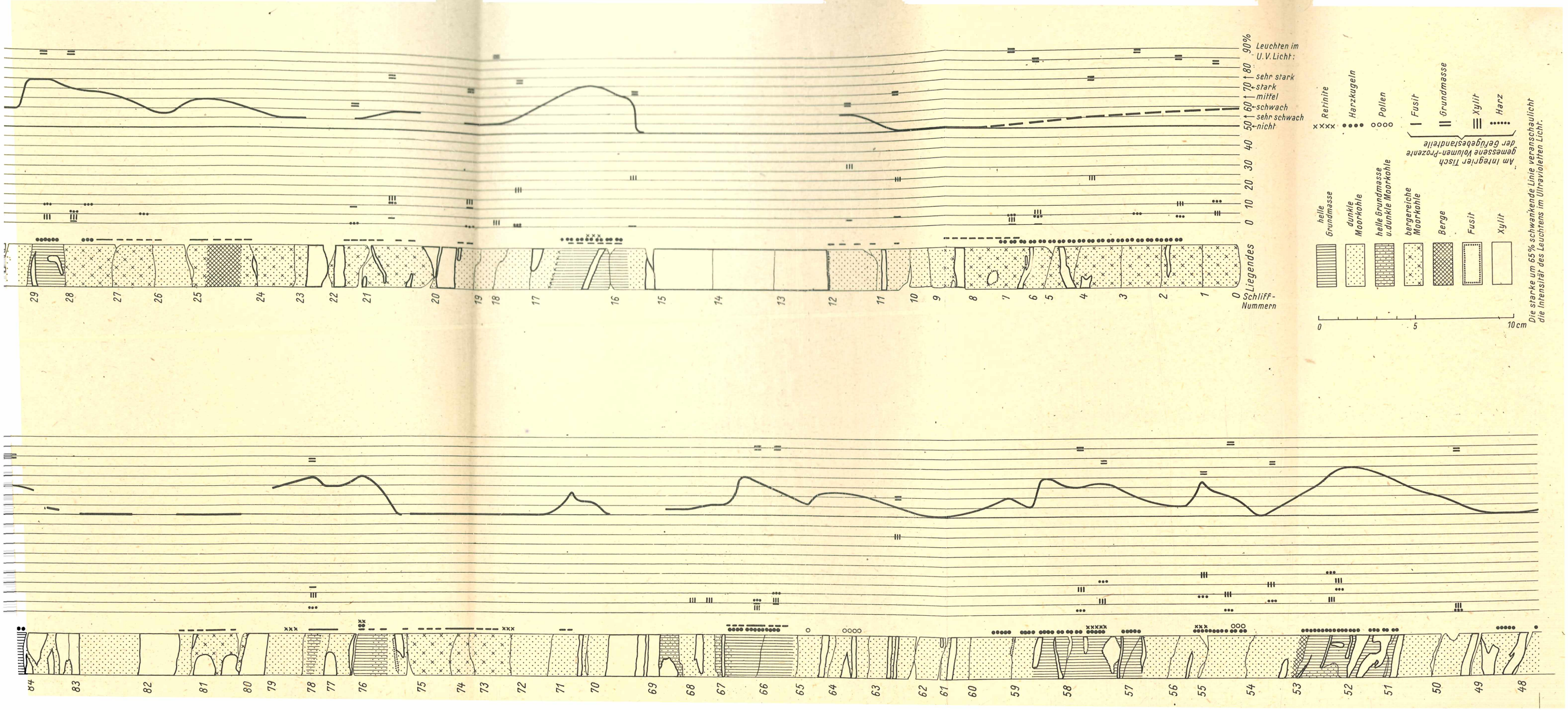


Fig. 24—26.



©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Texte zu den Abbildungen 4 bis 26.

Fig. 4. Schwelkohle Ampflwang, Dünnschliff. Viel Pollen, viel feine Holzfasern, Frühholz doppelbrechend, gute Schichtung. Vergr. 25mal.

Fig. 5. Schwelkohle von Ampflwang. Dünnschliff. Dunkle Strähne sind Xyliteinlagerungen. Kleine helle Ringe und kreisrunde Flecken sind Pollen. Etwas größer als Pollen sind unregelmäßige, graue neben dem Xylit liegende Harzkörner. Alles liegt in einer strukturlosen lichtbraunen durchscheinenden Grundmasse, die kleine, dunkle (unregelmäßige Punkte) Humuskörper, Harze und braune stark korrodierte Pollen enthält. In der unteren Hälfte in der Mitte zwischen 2 größeren Ringen ein kleiner länglicher Zellulosefetzen (hell). Im Xylit Risse. Alles geschichtet. Vergr. zirka 200mal.

Fig. 6. Moorkohle Ampflwang. Dunkle und helle Holzfaserstreifen, doppelbrechend. Unter dem etwas halbkreisförmigen Loch eine Z-Falte bildend. Zwischen dunkelbraunem Xylit der etwas lichtere Attritus mit einzelnen Pollen und hie und da braunen Harzkörnern. Vergr. 25mal.

Fig. 7. Moorkohle Ampflwang. Braune Schmitzen sind Holzfasern, zum Teil doppelbrechend, dazwischen Attritus aus unorganisierter gelber und brauner Substanz mit zahlreichen kleinen eckigen schwarzen Einschlüssen (?Fusit). Einige Pollen und braune Harzballen (z. B. vom Mittelpunkt etwa diagonal nach links oben). Vergr. 50mal.

Fig. 8. Querschnitt durch xylitische Kohle von Ampflwang. Konifere mit dickwandigen, englumigen Herbstholzzellen, welche die Jahresringe deutlich markieren. Das Sommerholz ist in sich zusammengesunken. Zwei dunkle harzerfüllte Zellen im Frühholz. Die Spätholzzellen sind zellulosehaltig und darum hell durchscheinend.

Fig. 9. Xylit (Brettelkohle von Ampflwang). Längsschnitt. Zeigt Hoftüpfel und Markstrahlen, und zwar wegen der Längsfaltung in abwechselnd radial und tangential getroffenen Zellgruppen.

Fig. 10. Xylit (Brettelkohle von Ampflwang). Längsschnitt. Dasselbe wie bei Fig. 9 bei gekreuzten Nikols.

Fig. 11. Querschnitt durch xylitische Kohle von Ampflwang. Stark verpreßte Jahresringe von *Taxodioxylon taxodii*.

Fig. 12. Xylit (Quell), Kohle von Ampflwang. Querschnitt.

Fig. 13. Runder, liegender Stamm von Ampflwang. Querschnitt. Die Jahresringe sind erkennbar. Die Zellulose weitgehend zerstört.

Fig. 14. Baumstamm aus dem Torfmoor von Buchscheiben in Kärnten. Zellulose entfernt, Früh- und Spätholz.

Fig. 15. Baumstamm aus dem Torfmoor von Buchscheiben, Kärnten. Querschnitt. Zellreihen zwischen Markstrahlen.

Fig. 16. Baumstamm aus dem Torfmoor von Buchscheiben, Kärnten. Querschnitt. Zellreihen gefaltet.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 17. Schwarzer Xylit von Ampflwang. Querschnitt. Früh- und Spätholz. Ersteres mehr zusammengedrückt. Zwei Zellen (hell) allein führen noch Zellulose.

Fig. 18. Schwarzer Xylit von Ampflwang. Querschnitt. Zellen mit brauner Substanz erfüllt. In den Zwickeln zwischen den Zellwänden nur noch spurenhaft Zellulose.

Fig. 19. Radialschnitt durch xylitische Kohle von Ampflwang. Markstrahl von *Taxodioxylon taxodii*. Vergr. 480fach.

Fig. 20. Tangentialschnitt durch xylitische Kohle von Ampflwang. Perlschnurartige Verdickungen an der Holzparenchymzelle von *Taxodioxylon taxodii*. Vergr. 360fach.

Fig. 21. Anschliff von Ampflwanger Moorkohle. Markstrahlen und Tracheiden einer Konifere im Tangentialanschliff. An den Tracheidenwänden ist die Tüpfelung deutlich sichtbar. Tracheiden vermutlich mit Harz erfüllt. Vergr. 500fach.

Fig. 22. Anschliff von Ampflwanger Moorkohle. Teil eines Blattquerschnittes, die Oberhaut mit Spaltöffnungen und ein Gefäßbündel zeigend. Vergr. 240fach.

Fig. 23. Anschliff von Ampflwanger Moorkohle. Treppengefäß eines Laubholzes im Längsschnitt.

Fig. 24. Anschliff von Ampflwanger Moorkohle. Zwei Stränge von quergetroffenen Sklerenchymzellen einer Laubholzrinde (im Bilde hell). Vergr. 240fach.

Fig. 25. Anschliff von Ampflwanger Moorkohle. Links ein Strang quergetroffener Sklerenchymzellen, in der Bildmitte eine Schichte quergetroffener Korkzellen. Vergr. 240fach.

Fig. 26. Anschliff von Ampflwanger Moorkohle. Streubild von Pollen oder Sporen. Vergr. 350fach.